ISSN 1899-699X cena 17,50 zł (w tym 8% VAT)

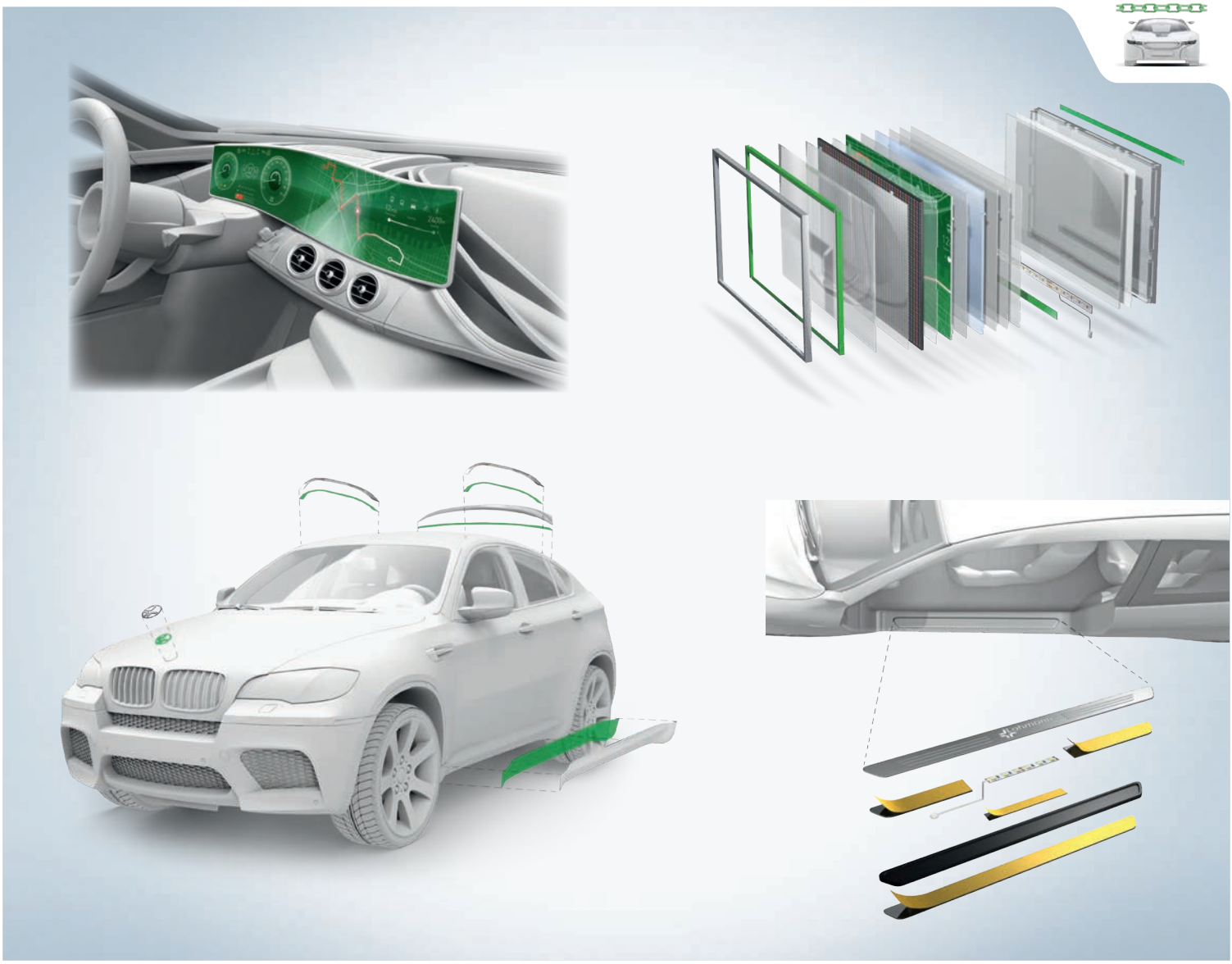
projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

11/12 (170/171) listopad/grudzień 2021

- Integracja xCAD na platformie 3DEXPERIENCE
- Projekt Am-Crash dla prototypów do testów zderzeniowych
- Skrawanie na wieloosiowych obrabiarkach CNC

Zrobotyzowane spawanie metodą TIG

Aerodynamika rodem z F1 – motocykle WMC



Motor Państwa sukcesu

Wszechstronne rozwiązania klejące Lohmann – idealnie dopasowane do potrzeb branży motoryzacyjnej.

Wymagania dotyczące technologii łączenia w przemyśle motoryzacyjnym stale rosną. Tu jakość, komfort i inspirujący design spotykają się z nowoczesnymi materiałami, technologiami i coraz bardziej efektywnymi procesami produkcji. Szeroka gama rozwiązań Lohmann idealnie wpisuje się w nowoczesne trendy. Dzięki ogromnej elastyczności, połączenia klejowe perfekcyjnie dopasowują się do różnorodnych materiałów i konstrukcji tak, aby zapewnić niezawodne mocowanie. Ponadto nasze taśmy pełnią szereg dodatkowych funkcji niezbędnych w aplikacjach wewnątrz, a także na zewnątrz pojazdów. Specjalistyczne rozwiązania Lohmann mają zdolność do kompensacji nierówności, amortyzują, wygłuszają, świetnie sprawdzają się jako uszczelnienia zabezpieczające przed wodą i parą wodną. Mogą również cechować się zdolnością elektro – i termoprzewodzenia, łatwością repozycjonowania, a dodatkowo – są przyjazne dla środowiska.

Skontaktuj się z naszymi ekspertami i znajdź rozwiązanie w pełni odpowiadające Twoim potrzebom!

Lohmann Polska sp. z o. o.
ul. Krzemowa 2
81-577 Gdynia
Tel.: +48 58 555 81 50
e-mail: wsparciesprzedazy@lohmann-tapes.com
www.lohmann-tapes.pl

Lohmann
The Bonding Engineers

Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie

Nr 11/12 (170/171)
listopad/grudzień 2021

rok XV
ISSN: 1899-699X
www.konstrukcjeinzynierskie.pl

Adres do korespondencji:
ul. Marszałkowska 111
00-102 Warszawa

redakcja
tel. +48 22 12 28 690
redakcja@konstrukcjeinzynierskie.pl

redaktor naczelny
Przemysław Zbierski
tel. +48 606 416 252
pz@konstrukcjeinzynierskie.pl

prenumerata
tel. +48 532 493 072
prenumerata@iter.com.pl
szczegóły dotyczące prenumeraty czasopisma – na ostatniej stronie

wydawca
ITER
wydawnictwo@iter.com.pl

reklama
tel. +48 22 12 28 690
tel. +48 606 416 252
reklama@konstrukcjeinzynierskie.pl

Na okładce:
WMC250EV
fot. White Motorcycle Concepts

ITER © 2021

Drodzy Czytelnicy,

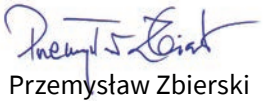
Rodzina to najstarsza instytucja świata, starsza od prawa, państwa i wszelkich doktryn. Przez wieki była ostoją pokoju, dobrych obyczajów, wzajemnego oddania, otaczana szacunkiem i opieką ludzi dobrej woli. Owszem, nie przez wszystkich jednak była szanowana i ceniona. Przez różnych samolubów była lekceważona, a dla rozmaitych rewolucjonistów i burzycieli porządku była przedmiotem ataków i nienawiści. Dziś te ataki nasiliły się wyraźnie i liczniejsze stały się zastępy ludzi wrogich tradycyjnej rodzinie. Ludzi z różnych środowisk, różnego wieku i stanu posiadania. W jednym wszakże podobnych do siebie. Oto każdy z nich albo nigdy prawdziwej, kochającej się rodziny nie zaznał, albo nie udało mu się takiej założyć. Stąd podsycany umiejętnie przez kreatorów współczesnego nieporządku ten pełen złości bunt przeciw normalnej rodzinie i wyzierająca spod niego rozpacz, zazdrosna (czasem podświadomie) o szczęście innych, zgodnie z tak częstą u ludzi niegodziwych zasadą: jak ja tego nie mogę mieć, to nikt tego nie będzie miał.

Stąd też uznawane za najbardziej rodzinne Święta Bożego Narodzenia też kłują w oczy niejednego.

Nie dajmy sobie odebrać tego co najważniejsze, nie pozwólmy by ostygły więzi, które nas łączą z najbliższymi. Zbliżające się Święta to doskonała okazja, aby dostrzec na nowo i docenić wartość rodziny, która powinna pozostać bastionem normalności, zwłaszcza w obecnej, nienormalnej sytuacji.

W imieniu zespołu „Projektowania i Konstrukcji Inżynierskich" życzę Państwu pięknych i pogodnych Świąt, pełnych radości z Narodzenia Syna Bożego, i jeśli to tylko możliwe, aby były też jak najbardziej prawdziwie rodzinne.

I wszystkiego dobrego w nowym 2022 roku!



Przemysław Zbierski

Spis treści

NR 11/12 (170/171)
LISTOPAD/GRUDZIEŃ 2021

Fabryka... używanych samochodów 6
Dubai Airshow 7
Turbina przydomowa PowerPod 8
Szponiasty robot lądujący na gałęziach 10
Spektroskopia do badania właściwości termicznych 12
Ogniwa perowskitowe o sprawności niemal 24% 12
Nowy samolot VTOL – Atea 14

Zrobotyzowane spawanie metodą TIG 16
Aleksander Łukomski ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

Aston Martin po nowemu 18
Ryszard Romanowski

Wybrane aspekty produktywnego skrawania
na wieloosiowych obrabiarkach CNC, cz. 1 24
Kazimierz Czechowski

Rozwiązania konstrukcyjne dla łożysk oporowych walcarek..... 30
Sorin Tudor

Aspekty i elementy hydrauliki obrabiarkowej, cz. 2: zasilacze hydrauliczne 36
Aleksander Łukomski

Biodegradowalne ciecze i oleje hydrauliczne – czy warto? 42
Elżbieta Migdał

Przewaga procesu nawijania krawędziowego nad wykrawaniem 45

Wodór i amoniak – paliwa przyszłości 48
Jacek Zbierski

Wytwarzanie dynamicznie obciążanych elementów strukturalnych
karoserii samochodu w technologiach przyrostowych 52
Marcin Kasprowicz ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

Integracja xCAD na platformie 3DEXPERIENCE 54
Andrzej Wełyczko ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

Aerodynamika rodem z F1 na dwóch kółkach, czyli motocykle WMC 56
Jacek Zbierski ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

Elektryczne promy 58
Ryszard Romanowski ARTYKUŁ DOSTĘPNY W WYDANIU PŁATNYM

TECHNOLOGIE

24 Wybrane aspekty produktywnego skrawania na wieloosiowych obrabiarkach CNC

Kazimierz Czechowski

Na szczególną uwagę zasługuje coraz częściej stosowana obróbka HFM, czyli frezowanie z dużym posuwem na ostrze f_z i małą głębokością skrawania a_p (czyli osiową głębokością) oraz dużą szerokością skrawania a_e (czyli promieniową głębokością), jako skuteczna metoda prowadzenia obróbki zgrubnej z kilkukrotnie większą wydajnością objętościową skrawania.

KONSTRUKCJE

56 Aerodynamika rodem z F1 na dwóch kółkach, czyli motocykle WMC

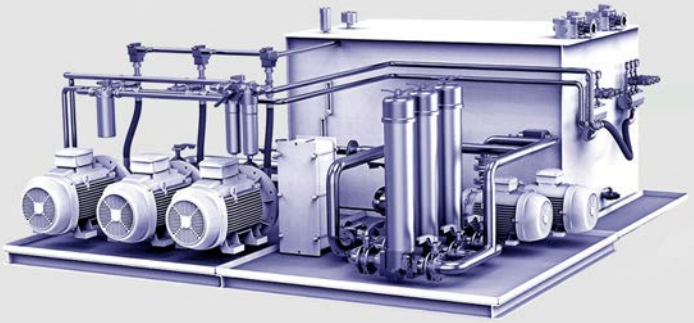
Jacek Zbierski

Wszystko to w jednym, bardzo konkretnym celu – aby zmniejszyć opór powietrza za pomocą tunelu aerodynamicznego, przebiegającego przez sam środek pojazdu, między głównymi podzespołami motocykla a jego kierowcą.

MASZYNY i URZĄDZENIA

36 Aspekty i elementy hydrauliki obrabiarkowej, cz. 2: zasilacze hydrauliczne

Aleksander Łukomski

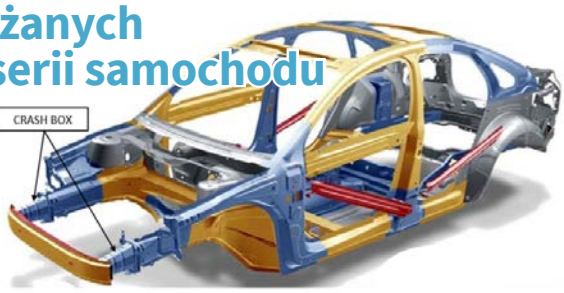


TECHNOLOGIE

52 Wytwarzanie dynamicznie obciążanych elementów strukturalnych karoserii samochodu w technologiach przyrostowych

Marcin Kasprowicz

Zdolność pochłaniania energii stali, mierzona wielkością pola pod krzywą rozciągania (Rm · A), zależy od ilości austenitu szczątkowego i jego stabilności, determinowanej zawartością manganu i węgla.



TECHNOLOGIE

16 Zrobotyzowane spawanie metodą TIG

Aleksander Łukomski

Komora dopełniana jest argonem ze stacji rozprężania gazu znajdującego się w zestawie butli przy stanowisku załadunku przyrządów, tak aby w komorze powstało niewielkie nadciśnienie (0,6 bar).

Fabryka... używanych samochodów

Mówi się, że przemysł samochodowy jest największą ofiarą trwającego od 2008 roku kryzysu ekonomicznego.

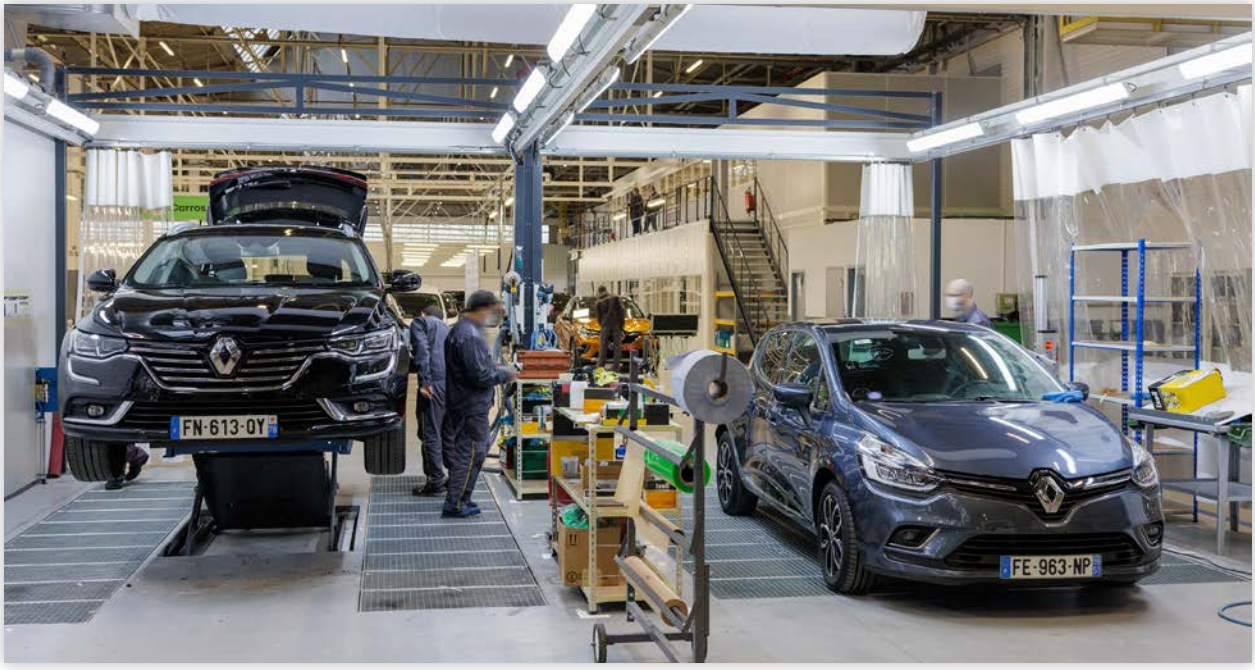
Spełnianie urzędniczych norm, bardziej lub mniej ekologicznych, wymusiło w branży automotive ogromne nakłady na prace badawczo-rozwojowe. W efekcie pojawiły się drogie samochody elektryczne, a część kosztów ich budowy doliczona została do aut spalinowych, nawet tych z najniższych segmentów. W efekcie wielu stałych nabywców aut najniższych segmentów A, B i C ze względu na cenę musiało zrezygnować z zakupu nowych aut eksploatując bez litości dotychczasowe pojazdy. Naprawy przeprowadzane są doraźnie i jak najniższym kosztem. W efekcie spada poziom bezpieczeństwa na drogach, nie wspominając o rosnących emisjach. Spadają również zyski koncernów.

Na problem zareagował jako pierwszy koncern Renault. Przed rokiem otwarto zakłady, gigantyczne warsztaty, tzw. Refactory, w Sewilli, a teraz, w listopadzie – we francuskim Flins-Sur-Seine. Ich celem jest profesjonalne odnawianie używanych samochodów, od części mechanicznych po naprawy blacharskie i lakiernicze nadwozi. Niebawem zostanie uruchomiona tzw. blacharnia ciężka. Możliwa również będzie konwersja pojazdów spalinowych na elektryczne.

Przeprowadzana tam będzie również naprawa akumulatorów oraz weryfikacja odzyskanych części, której efektem będzie recykling lub ich ponowne wykorzystanie.

Przy okazji Refactory ma stać się centrum innowacji i szkoleń. Zajmująca 11 tys. m^2 fabryka-warsztat ma do 2030 roku zatrudniać ponad 3 tys. pracowników.

media.renault.com



Dubai Airshow

Trwające od 14 do 18 listopada targi lotnicze w Dubaju przyciągnęły wszystkie liczące się w przemyśle lotniczym firmy. Jako że jednym z największych sponsorów (a przy tym współorganizatorem) był Boeing, nie brakowało jego produktów. Wśród najciekawszych warto wymienić konkurenta Airbusa A 321 XLR – Boeinga 737 Max, oraz nowego 757. Wielkie zainteresowanie budziły 777 XF Cargo i Boeing P8A, przeznaczony głownie do patroli morskich i wyposażony w innowacyjny system radarowy XPS-149. Pierwszą maszynę zakupili Niemcy, a zamówienia złożyły Nowa Zelandia i Korea.

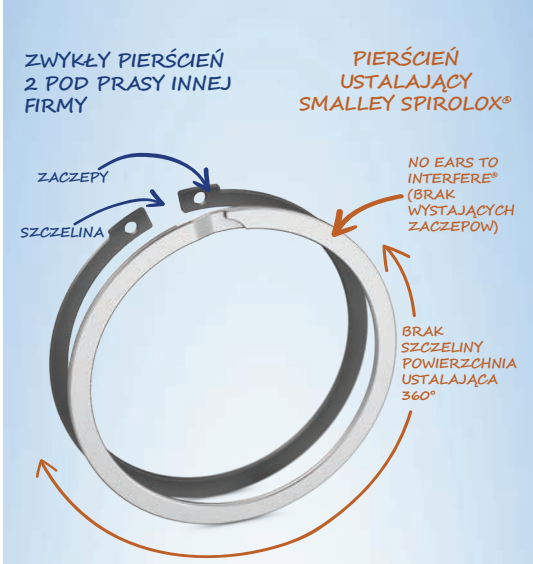
Ciekawostką był prezentowany przez Lufhansę luksusowy jacht Explorer urządzony według zasad obowiązujących w lotnictwie pasażerskim.

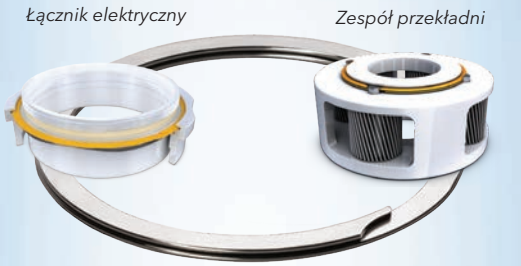
Dassault prezentował Rafale C i Falcona DX. Chińczycy – K-8NG. Nie zabrakło najnowszego rosyjskiego myśliwca Suchoj Checkmate. Konkurencyjne oferty uzupełniały zmodernizowane F-16 i F-35 oraz ogromne ekspozycje wyrafinowanej elektronicznej awioniki, systemów radarowych i rakietowych.

Firma EDGE z Abu Dhabi prezentowała gotowe do celów komercyjnych lub militarnych autonomiczne platformy pionowego startu QX-5 i QX-6 napędzane według życzenia silnikami spalinowymi lub elektrycznymi.

Wśród ekspozycji silników duże zainteresowanie budził gotowy do sprzedaży Open Fan, dzieło General Electric i Safran.

dubaiairshow.aero





STAL NIERDZEWNA W STANDARDZIE

Nasze pierścienie zapewniają takie samo dopasowanie i funkcjonalność jak pierścienie prasowane, ale są łatwiejsze w montażu i demontażu i nie wymagają użycia narzędzi specjalnych. Dostępne części standardowe ze stali nierdzewnej (302 i 316) i stali węglowej. Dostarczamy właściwy pierścień wykonany z odpowiedniego materiału jako rozwiązanie standardowe lub niestandardowe do określonych zastosowań.

SMALLEY®
THE ENGINEER'S CHOICE®
(POLECANY PRZEZ INŻYNIERÓW)

BEZPŁATNE PRÓBKI:
zadzwoń pod numer +33 130 131 575 lub odwiedź witrynę
expert.smalley.com/PKI/piescieni

▪ REKLAMA

Turbina przydomowa PowerPod

Przydomowe turbiny wiatrowe produkujące prąd znane są od wielu lat. Szczególną popularność zdobyły na mało zamieszkanych obszarach Australii i USA. Ich stosowanie w warunkach europejskich rodzi jednak wiele problemów. Na osiedlach domków jednorodzinnych trudno znaleźć na nie miejsce. Ponadto śmigła stają się zagrożeniem nie tylko dla ptaków. Sytuacji nie zmieniły zbytnio nawet ostatnio konstruowane wirniki pionowe o niezłej wydajności. Mimo to, przydomowa turbina wiatrowa, szczególnie współdziałająca z panelami solarnymi, jest receptą na uniezależnienie się od firm energetycznych. Dlatego w internecie można spotkać wiele amatorskich, bardziej lub mniej profesjonalnych rozwiązań oraz kupić gotowe zestawy.

Od niemal dekady nad turbiną pozbawioną wad tradycyjnych rozwiązań pracuje firma Halcium, wspomagana przez dr Meredith Metzger z uniwersytetu Utah. Prototyp turbiny PowerPod jest bliski ideału. Budowa plastikowej obudowy wirnika pozwala na reagowanie urządzenia na wiatr z każdego kierunku. Dzięki konstrukcji tej obudowy PowerPod jest zupełnie bezpieczny, a występujące wewnątrz ciśnienia wpływają na jego sprawność, przewyższającą często wiele tradycyjnych rozwiązań. Obudowa zabezpiecza też urządzenie przed ekstremalnymi wiatrami, które często potrafią zniszczyć nawet precyzyjnie sterowane tradycyjne turbiny. Ponadto również znacznie wycisza pracę turbiny. Nie jest problemem znalezienie miejsca dla tego urządzenia w przydomowym ogrodzie, na dachu czy nawet na balkonie.

halcium.com

ZWCAD 2022

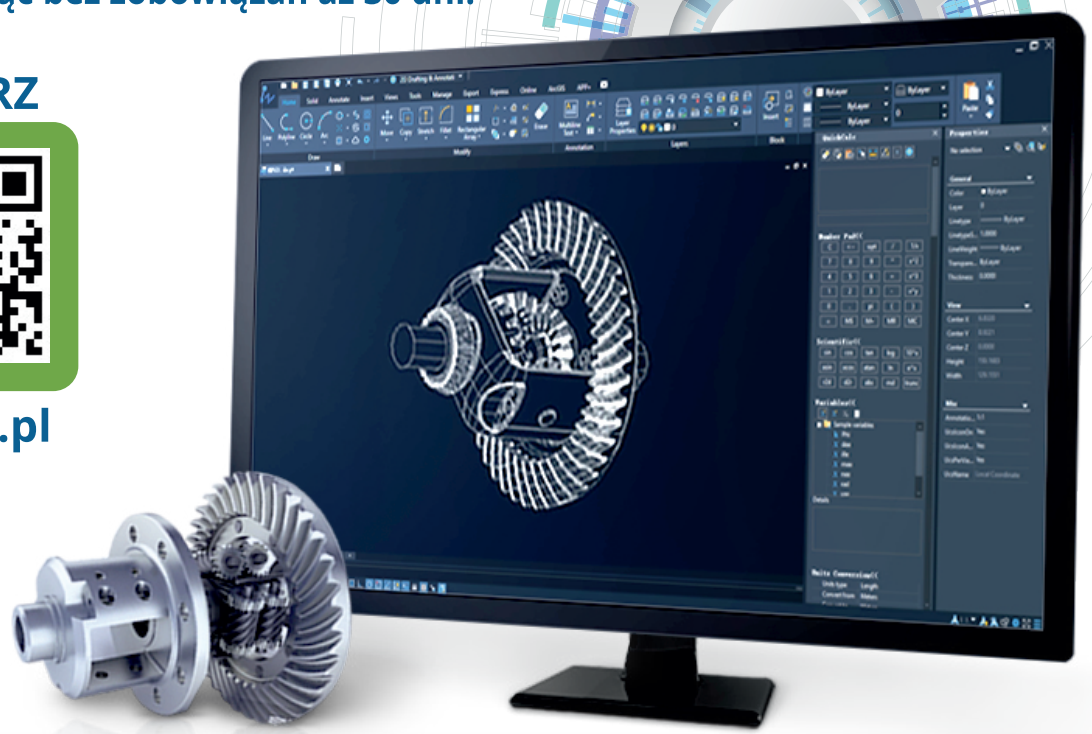
- Nowoczesne narzędzia projektowe
- Pełna zgodność DWG & DXF
- Płynna i wydajna praca
- Elastyczna bezterminowa licencja
- Opcjonalne uaktualnienia
- Wsparcie techniczne, szkolenia

ZWCAD 2022 dostępny jest w wersjach Standard, Professional, Architecture, Mechanical

Testuj pracując bez zobowiązań aż 30 dni!

POBIERZ

ZWCAD.pl



SZANSA

ZWCAD AUTHORIZED DISTRIBUTOR

Usługi Informatyczne SZANSA Sp. z o.o.
33 488 07 20 biuro@zwcad.pl
www.zwcad.pl

Szponiasty robot lądujący na gałęziach

Typowe wady wielowirnikowych dronów, które do startów i lądowań potrzebują chociaż trochę wolnego i równego miejsca, a także wnikliwa obserwacja ptaków stały się inspiracją do pracy nad budową robota, który mógłby lądować i startować z gałęzi drzew. Największym wyzwaniem było opracowanie czegoś na kształt ptasich chwytnych szponów i skojarzenie ich działania ze sztucznym zmysłem równowagi. Należało skonstruować nie tylko system siłowników lecz również skomplikowany algorytm zapewniający błyskawiczne reakcje.

Naukowcy z uniwersytetu Stanford opracowali „podwozie" takiego drona, naśladujące ptasie nogi. Każda z nóg robota ma własny silnik. Potrafi również pochłaniać energię uderzenia. Żyłki z tworzywa sztucznego zastępują ścięgna. Wszystko reaguje w czasie nieprzekraczającym 20 milisekund.

Po wylądowaniu na gałęzi sztuczne palce owijają się wokół niej, a sztuczne kostki blokują się. Akcelerometr umieszczony na prawej stopie informuje układy elektroniczne o wylądowaniu. Wtedy włącza się algorytm stabilizujący urządzenie.

Przypominający ptaka robot SNAG (*Stereotyped Nature-inspired Aerial Grasper*) doskonale działa. Jego prototyp w czasie wprowadzania pierwszych covidowych obostrzeń przeniósł drukarkę z laboratorium uniwersyteckiego w Stanford do wiejskiego domu w Oregonie.

Robot, startujący i lądujący jak ptak, może mieć przeróżne zastosowania. Potrafi np. zastąpić pocztowe wielowirnikowce, lądując w miejscach dla nich niedostępnych. Może znaleźć również wiele zastosowań militarnych.

stanford.edu

Kompleksowe rozwiązania dla spawalnictwa

Jeśli szukasz najlepszych rozwiązań w dziedzinie automatyzacji procesów spawalniczych, dostaw gazów technicznych i technologii gazowych, skontaktuj się z Air Products.

Projektujemy i dostarczamy wydajne stanowiska spawalnicze, dostosowane do wymagań Klientów. Współpracujemy z największymi i sprawdzonymi producentami urządzeń i materiałów spawalniczych oraz oferujemy produkty własnej marki Veriforce®, zapewniając wzrost wydajności i jakości oraz oszczędność kosztów w Twoich procesach produkcyjnych.

Specjalnie opracowane przez Air Products gazy osłonowe Linx® w butli z zintegrowanym zaworem Integra® przyczyniają się do wzrostu wydajności oraz zapewniają bezpieczne środowisko pracy.

Odwiedź nasze strony internetowe i zapoznaj się z naszą ofertą.

tell me more
airproducts.com.pl/welding

AIR PRODUCTS

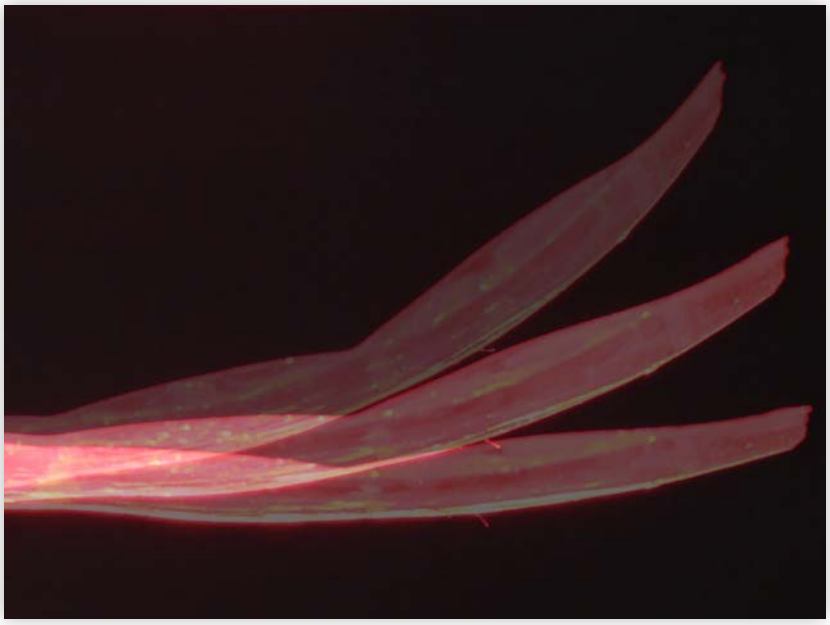
© Air Products and Chemicals, Inc., 2021 (39268)

Miękkie roboty Neusbot

Naukowcy z kalifornijskiego uniwersytetu Riverside skonstruowali miękkie roboty zdolne dostosowywać się do zmian środowiska, zasilane światłem słonecznym. Jak to często bywa inspiracją stały się niewielkie wodne zwierzęta występujące w zbiornikach wodnych, zwane neustonami. Stąd robot otrzymał nazwę Neusbot.

Opracowano folię uginającą się pod wpływem światła, w której można wywołać mechaniczne oscylacje, będące kluczem do kontrolowania robota i jego uruchamiania.

Trójwarstwowa folia zachowuje się jak silnik parowy. Jej środkowa warstwa jest porowata i wyposażona w nanopręty z tlenku żelaza i tlenku miedzi.



Działają one jak grzałki, zmieniając światło słoneczne w ciepło i odparowując wodę. Dolna warstwa folii jest hydrofobowa. Dzięki temu robot zalany nawet wysoką falą błyskawicznie wypływa na powierzchnię. Materiał jest odporny na nawet bardzo wysokie zasolenie ponieważ jego pierwsze zastosowanie przewidziano w wodach morskich.

Sterowanie odbywa się za pomocą dodatkowego źródła światła.

Te stosunkowo proste w budowie i tanie roboty doskonale nadają się do oczyszczania powierzchni wód. Podczas testów okazało się, że z powodzeniem potrafią usuwać nawet tak uporczywe zanieczyszczenia jak plamy ropy naftowej.

news.ucr.edu

Ogniwa perowskitowe o sprawności niemal 24%

Od czasu publikacji prac Olgi Malinkiewicz w 2014 r. na temat perowskitów wiele uczelni na całym świecie prowadzi badania nad otrzymaniem ogniw fotowoltaicznych z tego materiału. Są one znacznie tańsze w produkcji od ogniw krzemowych, jednakże nie dorównują im sprawnością. Występują również problemy związane ze stabilnością tych urządzeń, co negatywnie wpływa na zastosowanie komercyjne, zarówno w przypadku ogniw solarnych, jak i diod LED.

Uniwersytety w Pawii i Dreźnie wspólnie opracowały nową metodę wytwarzania ogniw perowskitowych o architekturze odwróconej, znacznie poprawiającej ich wydajność. Zmodyfikowano tzw. fazę aktywną struktury perowskitowej wprowadzając niewielkie ilości organicznych soli halogenkowych w dolnej i górnej części warstwy. Uzyskano najwyższą jak dotąd w przypadku ogniw o strukturze odwróconej sprawność 23,7%. Poprawieniu sprawności towarzyszył również znaczny wzrost stabilności.

Ponadto tego typu ogniwa mogą być produkowane w temperaturze poniżej 100 °C, co upraszcza linie produkcyjne i znacznie ułatwia produkcję urządzeń wielkopowierzchniowych.

tu-dresden.de

Bezołowiowa obróbka z mocą węgla

oerlikon balzers

Coraz więcej materiałów używanych w przemyśle nie może zawierać ołowiu. W szczególności dotyczy to mosiądzu i miedzi. Brak ołowiu wpływa negatywnie na skrawalność materiałów. Zmianę tę widać szczególnie w przemyśle motoryzacyjnym. Producenci narzędzi skrawających poszukują rozwiązań poprawiających wydajność obróbki oraz osiągi w czasie pracy narzędzia. Przykładem jest współpraca firm Werkö – producenta precyzyjnych narzędzi skrawających i Oerlikon Balzers – lidera w zakresie powłok.

Wszystko zaczęło się w 2013 r. kiedy to nowe unijne rozporządzenie ograniczyło zawartość ołowiu w wodzie pitnej do 10 µg/l. Producenci musieli stosować mosiądz bezołowiowy do produkcji systemów sanitarnych w celu zapewnienia zgodności z wymaganiami. W rezultacie firma Werkö odnotowała duży wzrost zużycia narzędzi podczas produkcji części toczonych.

Całkowicie odmieniona obróbka

"Przejście na mosiądz niezawierający ołowiu spowodowało: czterokrotnie wyższe koszty narzędzi, długi czas cyklu, pęknięcia narzędzi i dużo braków u naszego klienta", wyjaśnia Vicente Madrid, specjalista ds. narzędzi w Werkö. Ołów, który został wyeliminowany, wcześniej znacznie ułatwiał obróbkę i łamanie wiórów. Dodatkowo, niektóre bezołowiowe zamienniki zwiększają zużycie narzędzi i prowadzą do powstawania długich wiórów, co ogranicza niezawodność procesu. "To całkowicie zmienia proces obróbki", mówi Vicente.

Wyzwania dla przemysłu motoryzacyjnego

Producenci w przemyśle motoryzacyjnym również borykają się z tym samym problemem, choć z innych przyczyn. W wielu krajach dyrektywy RoHS[1] lub podobne, ograniczają stosowanie ołowiu w sprzęcie elektronicznym lub komponentach. Dyrektywa ELV[2] 2000/53/WE przewiduje możliwość stosowania stopów miedzi zawierających maksymalnie 4% ołowiu tylko do lipca 2021 r. Oznacza to, że przemysł w coraz większym stopniu stoi przed wyzwaniem obróbki miedzi bezołowiowej lub nisko ołowiowej. Jednocześnie, jak wynika z analiz, popyt będzie szybko wzrastał poprzez rozwój e-mobilności – z zaledwie 185 000 ton w 2017 r. do 1,74 mln ton w 2027 r. Powodem są pojazdy elektryczne, w tym hybrydy, które wymagają do 3,5 razy więcej miedzi niż samochody z silnikami spalinowymi. Stacje ładowania e-samochodów również potrzebują miedzi do styków i połączeń.

Partnerstwo zapewnia optymalne rozwiązanie

Po intensywnych testach we własnym centrum B+R, firma Werkö opracowała udane rozwiązanie dla swojego klienta, producenta elementów sanitarnych. Pomysł ten opierał się na opracowaniu narzędzia o odpowiedniej geometrii. Na tak przygotowane narzędzie zastosowano powłokę BALINIT® HARD CARBON Oerlikon Balzers, wieloletniego partnera Werkö. Efekt jest więcej niż zadowalający. Połączenie narzędzia opracowanego przez Werkö z powłoką BALINIT® HARD CARBON rozwiązało problem, a koszty narzędzi i czasy cyklu spełniają z powodzeniem wymagania klienta końcowego.

Pan Rico Fritzsche, specjalista w zakresie powłok na narzędzia skrawające z Oerlikon Balzers nie kryje zadowolenia z efektów swojej pracy: "Od 2014 roku zbieramy cenną wiedzę we współpracy z firmami, które specjalizują się w obróbce materiałów niezawierających ołowiu oraz ich działami B+R". Pani Edda Enders, dyrektor handlowy Werkö, jednoznacznie wyraża zadowolenie z sukcesu, choć podkreśla: "Nie ma uniwersalnego rozwiązania. Każda przypadek jest inny, a ostatecznie to małe szczegóły decydują o wydajności."

1 – RoHS = Restriction of Hazardous Substances Directive (European Union)
2 – ELV = End of Life Vehicles Directive (European Union)

https://werkoe.com

FORMING FUTURE

Oerlikon Balzers Coating Poland Sp. z o. o.
ul. Fabryczna 4 | 59-101 Polkowice
T: +48 76 746 48 00
www.oerlikon.com/balzers/pl
Biuro obsługi klienta: bok.balzers.pl@oerlikon.com

Nowy samolot VTOL – Atea

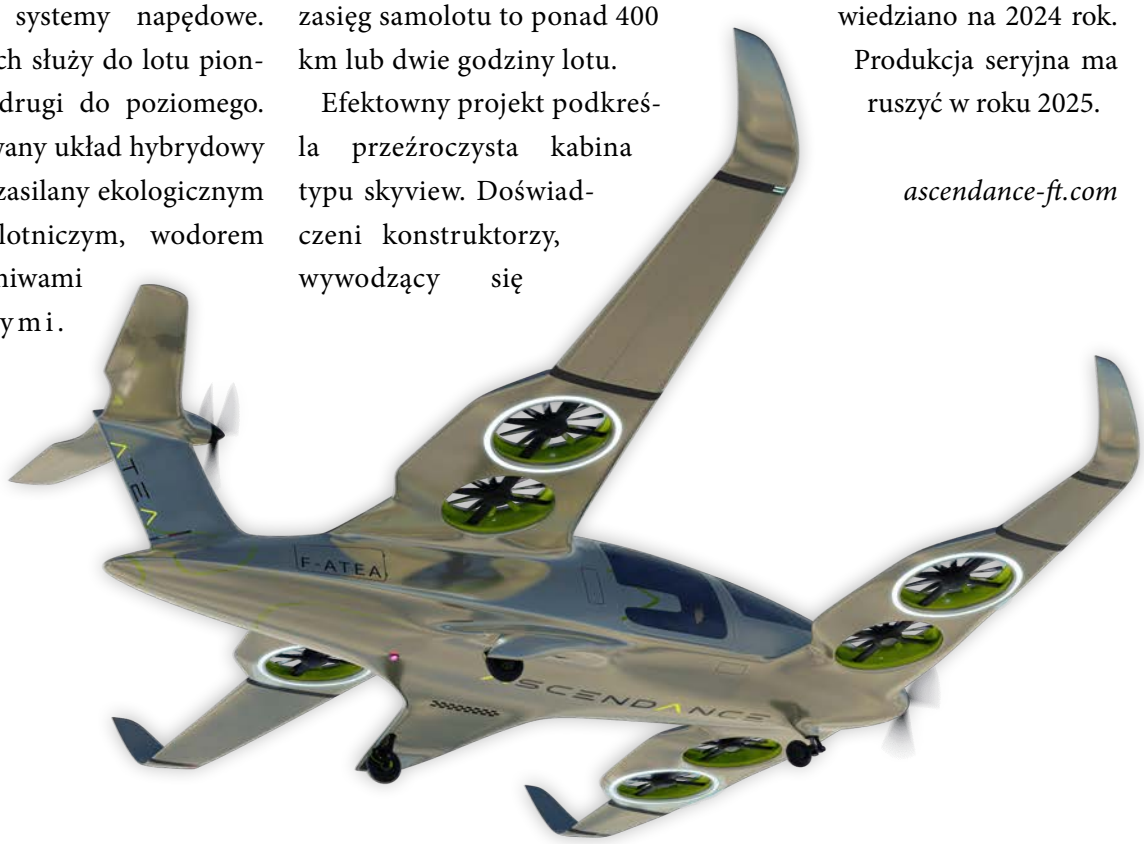
Założona w 2018 r. w Tuluzie przez twórców znanego elektrycznego samolotu E-Fan firma Ascendance zaprezentowała projekt samolotu pionowego startu i lądowania (VTOL) o napędzie hybrydowym i strukturze modułowej. Samolot o ośmiu wirnikach umieszczonych w stałych skrzydłach ma dwa oddzielne systemy napędowe. Jeden z nich służy do lotu pionowego, a drugi do poziomego. Opatentowany układ hybrydowy może być zasilany ekologicznym paliwem lotniczym, wodorem lub ogniwami paliwowymi. Zależy to od tego, jaki sposób zasilania upowszechni się w lotnictwie. Przewidziano szybką transformację napędu.

Hałas powodowany przez wirniki ma być co najmniej cztery razy mniejszy niż w przypadku śmigłowca. Nie naruszy norm hałasu ustalonych dla miast. Zapowiadany zasięg samolotu to ponad 400 km lub dwie godziny lotu.

Efektowny projekt podkreśla przeźroczysta kabina typu skyview. Doświadczeni konstruktorzy, wywodzący się m.in. z firm Safran i Dassault, od początku prac projektowych posługiwali się obowiązującymi w lotnictwie regulaminami np. ACEA. Ma to ograniczyć problemy z certyfikacją. Samolot ma powstawać zarówno w wersji pasażerskiej, jak i transportowej, ratowniczej i patrolowej.

Pierwsze loty zapowiedziano na 2024 rok. Produkcja seryjna ma ruszyć w roku 2025.

ascendance-ft.com



CERAMIT

CERAMIC ENGINEERING

CERAMICZNE PROWADNIKI

dla przemysłu kablowniczego, tekstylnego, motoryzacyjnego

CERAMICZNE
CZĘŚCI MASZYN

WTRYSKIWANIE
CERAMIKI

Europa, Azja, Ameryka Północna, Australia
ODBIORCY NA 4 KONTYNENTACH

TOLERANCJA WYKONANIA
nawet +/-0,001 mm

Ponad 100 000 szt. produktów
DOSTĘPNYCH W 24H OD ZAMÓWIENIA

---

www.ceramit.pl

ZROBOTYZOWANE SPAWANIE metodą TIG

Ponad sto lat minęło od opatentowania spawania łukowego przez naszego rodaka Stanisława Olszewskiego. Od tego czasu spawanie łukowe znacznie się rozwinęło, chociaż główna zasada uzyskiwania łuku elektrycznego nadal jest ta sama. Mimo że tradycyjne spawanie łukowe jest coraz bardziej wypierane przez inne skuteczne metody spajania to ciągle jeszcze jest niezastąpione w łączeniu różnych metali w wielu różnych dziedzinach techniki. Należy też do najczęściej automatyzowanych i robotyzowanych metod spajania, chociaż wymaga wtedy stosowania bardziej rozbudowanych i skomplikowanych aplikacji.

Aleksander Łukomski

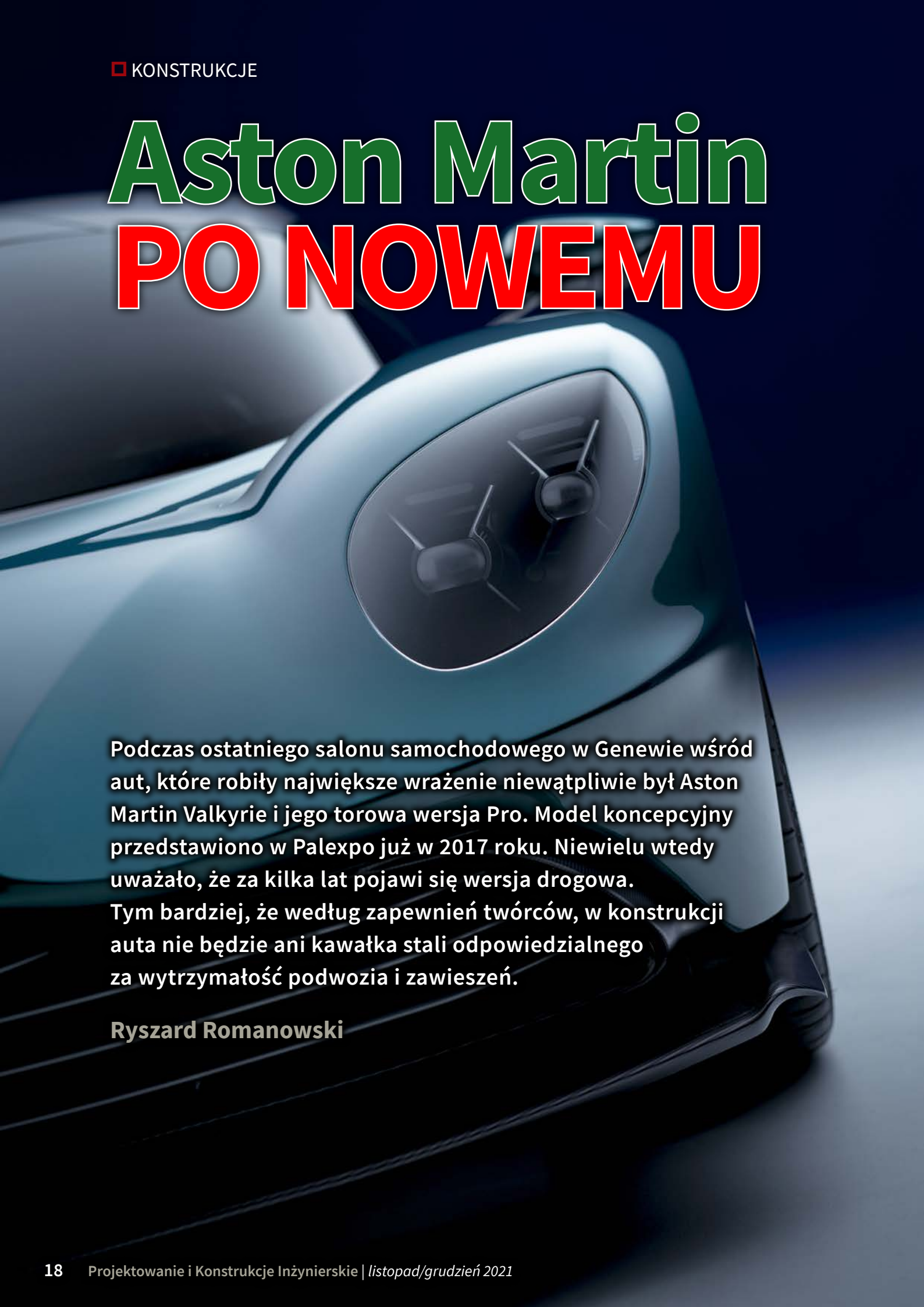
Spawanie metodą TIG (*Tungsten Inert Gas*) polega na wytwarzaniu łuku elektrycznego za pomocą nietopliwej elektrody wolframowej w osłonie gazu obojętnego (w krajach anglosaskich niekiedy spotyka się oznaczenie GTAW: *Gas Tungsten Arc Welding*). Łuk elektryczny powstający między nietopliwą elektrodą a materiałem spawanym topi powierzchnię spawanych materiałów. W metodzie TIG nie jest niezbędne stosowanie materiału – spoiwa dodatkowego, ponieważ elementy spawane

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl
prenumerata@iter.com.pl

Aston Martin PO NOWEMU



Podczas ostatniego salonu samochodowego w Genewie wśród aut, które robiły największe wrażenie niewątpliwie był Aston Martin Valkyrie i jego torowa wersja Pro. Model koncepcyjny przedstawiono w Palexpo już w 2017 roku. Niewielu wtedy uważało, że za kilka lat pojawi się wersja drogowa. Tym bardziej, że według zapewnień twórców, w konstrukcji auta nie będzie ani kawałka stali odpowiedzialnego za wytrzymałość podwozia i zawieszeń.

Ryszard Romanowski

Fabryka przyzwyczaiła klientów do bardzo efektownych, szybkich i luksusowych samochodów sportowych, doskonale pasujących do starannie ubranych gentlemanów. Niski i ciasny supersamochód, taki „pocisk drogowy", był dla wielu zaskoczeniem. Wystawiane obok najnowsze wersje znanych już modeli również zmieniły proporcje. Starając się zachować styl stały się bardziej agresywne.

Samochód powstawał przy współpracy Aston Martina z Red Bull Racing. Jego twórcami są Andy Palmer, Christian Horner, Simon Spoule i Adrian Newey. Warto przypomnieć, że ten ostatni jest najbardziej utytułowanym projektantem F-1 i dyrektorem technicznym Red Bull Racing.

Początkowo projekt nosił kryptonim Nebula. Powstał on z połączenia pierwszych liter nazwiska najważniejszego konstruktora oraz fragmentu nazwy Red Bull. Następnie wymyślono kryptonim AM-RB 001, aby od 2017 roku używać nazwy Valkyrie VP-1 (*first veryfication prototype*).

Nadwozie od razu budzi skojarzenia z wyścigami. Efektowne otwory powodują przepływy powietrza zapewniające odpowiedni docisk do nawierzchni. Podłoga ze zwężką Venturiego generuje rosnący wraz z prędkością tzw. *ground effect*. W rezultacie samochód może osiągnąć siłę docisku wynoszącą ponad 1800 kg, podczas gdy jego masa własna nie przekracza 1100 kg. Kompozytowe panele nadwozia dostarcza firma Multimatic.

Do niewielkiego wnętrza z trudem wejdzie gentleman w garniturze, a w stroju sportowym też nie jest łatwo. Klienci zamawiający ten samochód muszą poddać się skanowaniu pleców, podobnie jak kierowcy samochodów wyścigowych najwyższej klasy. Fotele zostaną wykonane na wymiar. Wsiadanie ma ułatwiać wyjmowana kierownica (rozwiązanie typowe dla F-1).

Aerodynamiki samochodu nie pogarszają lusterka. Zastąpiono je bowiem kamerami z ekranami po lewej i prawej stronie kabiny.

Zestaw wskaźników mieści się również na ekranie umieszczonym na kierownicy, podobnie jak

Detale aerodynamiczne i kamera zamiast lusterka

przełączniki. Za plecami kierowcy umieszczono 12-cylindrowy silnik w układzie V, o pojemności 6,5 l, zbudowany przez firmę Cosworth. Generuje on 1014 KM przy 10500 obr./min., przy czym czerwone pole na obrotomierzu zaczyna się od 11100 obr./min. Silnik spalinowy wspomagany jest synchronicznym silnikiem elektrycznym z magnesami trwałymi. Układ hybrydowy opracowały firmy Integral Powertrain i Rimac. Elektryka dodaje 160 KM mocy i 280 Nm momentu obrotowego. Według danych fabrycznych wersji produkcyjnych z 2021 roku, łączna maksymalna moc określana jest na 1140 KM (produkcyjny prototyp z Genewy mógł wygenerować 1176 KM mocy i 900 Nm momentu obrotowego).

Silnik V12 Cosworth rozwija 1014 KM przy 10500 RPM

Valkyrie – widoczne tunele aerodynamiczne

Wylot spalin znajduje się w górnej części samochodu, podobnie jak w autach F-1. Napęd przenoszony jest przy pomocy siedmioprzełożeniowej automatycznej skrzyni.

Jednostka ECU, systemy kontroli trakcji i ESP pochodzą od Boscha, hamulce od Alcon i Surface Transforms, lampy zamówiono w Wipac, a specjalne opony zapewnił Michelin.

Po raz pierwszy w samochodzie drogowym zastosowano system smarowania, który zapewnia pełny przepływ oleju w czasie 90 sekund. Warto przypomnieć, że w normalnych systemach smarowania przejście całości oleju przez system smarowania zajmuje około 30 minut.

Zastosowano niezwykle ciekawy i tajemniczy system smarowania Castrol Nexcell, o którym zapewne jeszcze wiele usłyszymy. Start-up Nexcell zainteresował przez laty laboratorium Castrola swoimi osiągnięciami w dziedzinie recyklingu. Jak mówił jego dyrektor, John Ward-Zinski, opracowano metodę otrzymywania najwyższej jakości oleju syntetycznego ze... śmieci. Na jeden jego litr start-up zużywał: 180 zużytych gum do żucia, 1/2 l starego oleju z frytkownicy, 1 g stwardniałego silikonu uszczelniającego, 14 baterii, 1 l zużytego oleju silnikowego i jedną starą choinkę. Olej dokładnie przebadano w laboratorium Castrola i potwierdzono jego najwyższą klasę. Dyrektor Ward kilkakrotnie zapewniał, że jego komponenty to wcale nie żart. Na temat systemu smarowania

Valkyrie – montaż

Valkyrie w wersji torowej AMR Pro

nie chciał jednak wiele mówić, twierdząc, że konkurencja mocno depcze im po piętach.

Urządzenie wygląda jak niewielka walizka. Na pewno znajduje się w niej olej. Po określonym przebiegu, gdy nadchodzi czas jego wymiany po prostu wyciąga się walizkę i wkłada nową. Wyjęta trafia do regeneracji. Prawa do urządzenia już wykupił ExxonMobil. Zasada działania okryta jest na razie ścisłą tajemnicą. Nikt jednak nie ukrywa, że niebawem walizeczka może trafić pod maski zwykłych samochodów.

Wersja torowa AMR Pro nie ma układu hybrydowego. Wykorzystuje jedynie silnik spalinowy. Ma mniejsze koła – zamiast 20-calowych z przodu i 21-calowych z tyłu wszystkie cztery mają 18 cali. Zastosowano typowo wyścigowe hamulce tzw. karbon-karbon. Dodano duży tylny spojler. Zrezygnowano oczywiście z wszelkich udogodnień dla pasażerów m.in. takich jak wyciszenie układu wydechowego. Według danych fabrycznych samochód jest w stanie wygenerować siłę boczną 3,3 G w zakrętach i 3,5 G podczas hamowania. Zapowiedziano

Valkyrie Spider

wyprodukowanie 25 samochodów wycenionych na 3,5 mln dolarów każdy.

Wersja drogowa powstanie w serii 150 egzemplarzy. Zapowiedziano również wersję drogową ze zdejmowanym dachem, przeznaczoną dla właścicieli klasycznego modelu.

Obok Valkyrii powstanie nieco mniej ekstremalne „rodzeństwo". Zbudowana bardzo podobnie Valhalla ma służyć do codziennej jazdy. W kabinie auta jest więcej miejsca. Drobny bagaż można umieścić za oparciami foteli. Samochód ma również inny układ napędowy, zwany PHEV. Składa się on z silnika spalinowego w układzie V8, o pojemności skokowej 4 l. Do zasilania zastosowano układ dwóch turbosprężarek. Jednostka rozwija moc maksymalną 750 KM przy 7200 obr./min. Układ uzupełniają dwa silniki elektryczne o magnesach trwałych 150 KW/400 V. W trybie jazdy wyłącznie elektrycznej można pokonać 15 km z maksymalną prędkością 130 km/h. Kolejne tryby jazdy dzielą moc pomiędzy przednią i tylną oś. Jeżeli chcemy wygenerować maksymalne osiągi, cała moc układu przenoszona jest na oś tylną. Łącznie hybrydowy układ generuje 950 KM. Zapewnia to prędkość maksymalną 350 km/h i czas rozpędzania od 0 do 100 km/h niższy od 2,5 sek.

Valhalla

Valkyrie – ekran na kierownicy

Valkyrie – aerodynamika

Od czasu genewskiej premiery samochodu Aston Martin przeszedł pewne biznesowe zawirowania. Wykupił go kanadyjski biznesmen Lawrence Stroll, podobnie jak spadkobiercę Force India, zespół F-1 Racing Point. Utworzenie samodzielnego zespołu wyścigowego doprowadziło do zerwania dotychczasowej formy współpracy z Red Bull Racing. Nowy właściciel dokładnie sprawdził finanse firmy. Okazało się, że specjalnie utworzone w celu wspierania projektu szwajcarskie konsorcjum Nebula, biorące m.in. zaliczki od przyszłych klientów nie odprowadziło do Aston Martina ani centa. Trwa proces sądowy.

Jednocześnie zabezpieczono się przed nieuczciwymi klientami, którzy chcą zakupić samochód, aby jak najszybciej z wysokim zyskiem go odsprzedać. Nie będą oni mogli być już klientami Aston Martina.

Pierwsze egzemplarze Valkyrie właśnie zaczęły trafiać do klientów. Zajmą miejsca w bogatych kolekcjach i czasami pojawią się na drogach lub torach. Będą kolejną konstrukcją powiększającą techniczną przepaść między normalnymi, wielkoseryjnymi samochodami, a tzw. super- czy hipersamochodami.

Podobno Valkyrie wyprzedano już podczas genewskiego motor show w 2019 roku. Cena wynosiła średnio 3 mln dolarów.

Ryszard Romanowski

media.astonmartin.com

Widoczny poniżej pierwszy seryjny egzemplarz Aston Martin Valkyrie powinien trafić do właściciela przed końcem roku

Wybrane aspekty produktywnego skrawania na wieloosiowych obrabiarkach CNC

cz. 1

Produktywność systemów produkcyjnych, mierzona ilorazem efektów na wyjściu systemu i nakładów na jego wejściu, wyrażonymi w zależności od przedmiotu analiz w różnych jednostkach (np. pieniądzach, godzinach, sztukach, tonach itd.), stanowi jedno z podstawowych kryteriów oceny funkcjonowania przedsiębiorstw.

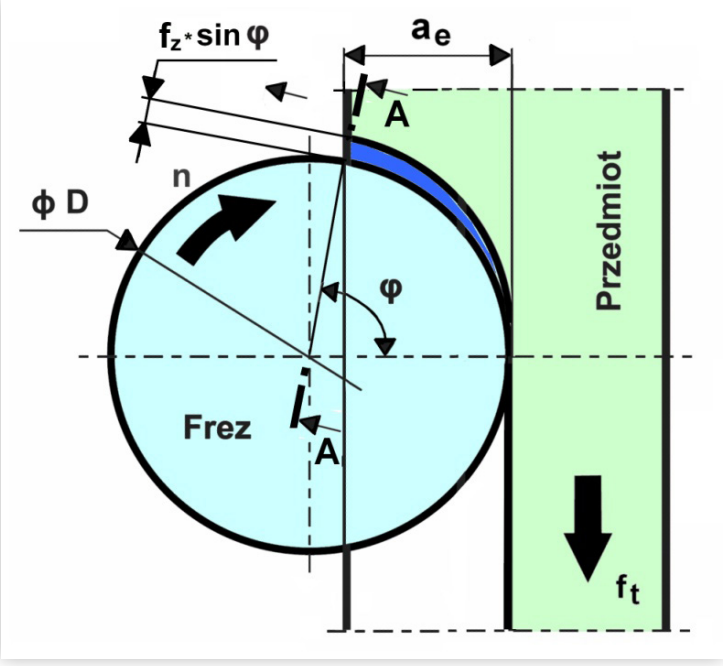
Kazimierz Czechowski

Na wzrost produktywności systemów produkcyjnych wpływa bezpośrednio i pośrednio wiele różnych czynników, np. związanych ze stosowaniem m.in. nowoczesnych technologii wytwarzania, innowacyjnych konstrukcji narzędzi z coraz lepszych materiałów (w tym powłok) oraz wydajnych i precyzyjnych wieloosiowych obrabiarek z układami sterowania CNC, a także związanych ze zmniejszeniem energochłonności, odpadów i zużywanych materiałów eksploatacyjnych. Na rynku w Polsce działa szereg dostawców oferujących nowe i używane obrabiarki CNC (w tym centra obróbkowe), przeznaczone do obróbki z dużymi prędkościami skrawania (HSC – *High Speed Cutting*; HSM – *High Speed Machining*) oraz z dużą wydajnością (HPC – *High Performance Cutting*), będące już obecnie niezbędnym wyposażeniem nie tylko dużych, ale także wielu małych i średnich przedsiębiorstw. Obróbka HSC (nazywana też HSM) charakteryzuje się m.in.: dużą wydajnością ubytkową, lepszą jakością uzyskiwanej powierzchni, mniejszymi siłami skrawania, korzystnym rozpraszaniem energii cieplnej i stabilnością procesu obróbkowego. W obróbce HPC nacisk kładzie się zarówno na zwiększenie prędkości skrawania, jak i na równoczesne zwiększenie prędkości posuwu lub prędkości wnikania narzędzia w materiał. Stosuje się też obróbkę, w której nacisk kładzie się przede wszystkim na zwiększenie prędkości posuwu (HFM – *High Feed Machining*); w metodzie tej zwykle stosuje się małe głębokości skrawania i duże szerokości skrawania, co pozwala znacznie skrócić czas obróbki. Rozwój obrabiarek CNC pozwolił na efektywne stosowanie narzędzi umożliwiających prowadzenie obróbki wiórowej materiałów w stanie twardym (HC – *Hard Cutting*), jak i upowszechnianie obróbki wiórowej na sucho (*Dry machining*) lub z minimalną ilością cieczy obróbkowej (MQL – *Minimum Quantity Lubrication*), a w konsekwencji na zmniejszanie kosztów eksploatacyjnych oraz polepszanie ochrony środowiska [1-5].

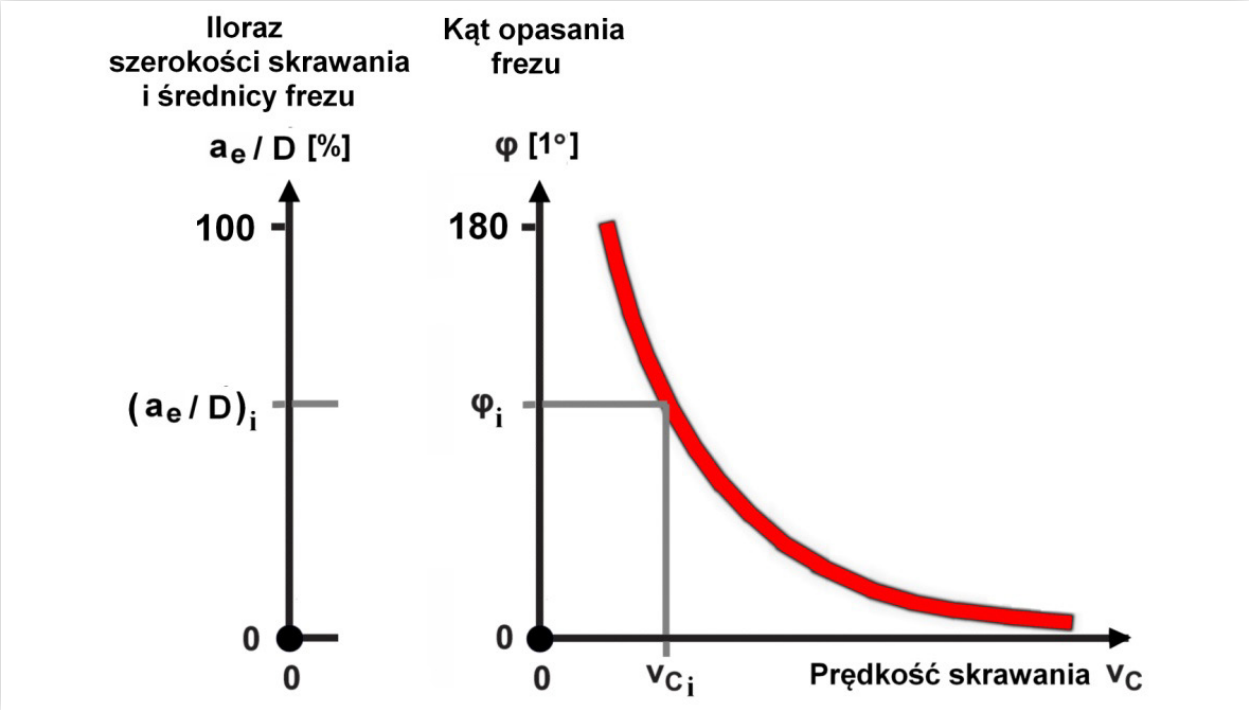
Zwiększenie wydajności obróbki skrawaniem związane jest ze wzrostem wymagań co do funkcjonalności obrabiarki i jej układu sterowania, m.in. potrzebne jest właściwie dobrane elektrowrzeciono łożyskowane tocznie, hydrostatycznie lub magnetycznie, układy napędu posuwowego z silnikami obrotowymi z tocznymi śrubami pociągowymi lub z silnikami liniowymi, korpus obrabiarki o odpowiednio dużej sztywności, wieloosiowe sterowanie CNC. Obróbka HSC (HSM) wymaga szybkoobrotowego, precyzyjnego i odpowiednio sztywnego wrzeciona głównego. Z kolei obróbka HPC wymaga wrzeciona głównego o dużej mocy oraz dużym momencie obrotowym a także dużej dynamiki obrabiarki; dla osiągnięcia najlepszych efektów obróbki bardzo istotny jest odpowiedni dobór prędkości obrotowej narzędzia i prędkości posuwu, gdyż wrzeciona główne zwykle dysponują maksymalną mocą w ograniczonym zakresie prędkości obrotowych, a wartości prędkości posuwu są ograniczone dynamiką obrabiarki i w przypadku małych długości przesuwu prędkość posuwu jest ograniczona wartością przyspieszenia osi. Przy produkcji wielkoseryjnej i masowej, m.in. na potrzeby przemysłu motoryzacyjnego i lotniczego, bardzo dużą rolę odgrywa czas produkcji; jego optymalizacja prowadzi do automatyzacji wymiany narzędzi oraz automatyzacji transportu przedmiotów obrabianych. W zakresie wyposażenia standardowego zdecydowana większość obrabiarek CNC posiada transporter wiórów oraz elementy do automatycznego pomiaru narzędzia i przedmiotu [4–6].

Na szczególną uwagę zasługuje coraz częściej stosowana obróbka HFM, czyli frezowanie z dużym posuwem na ostrze f_z i małą głębokością skrawania a_p (czyli osiową głębokością) oraz dużą szerokością skrawania a_e (czyli promieniową głębokością), jako skuteczna metoda prowadzenia obróbki zgrubnej z kilkukrotnie większą wydajnością objętościową skrawania porównując do metod konwencjonalnych, co przekłada się na znaczne skrócenie czasu obróbki. W przypadku stosowania w obróbce HFM dużych prędkości skrawania v_c, zwłaszcza przy skrawaniu materiałów trudnoobrabialnych, takich jak przykładowo stopy tytanu, superstopy żaroodporne, czy też stal utwardzona, może zaistnieć potrzeba ograniczenia szerokości skrawania a_e z uwagi na konieczność zmniejszenia kąta opasania frezu φ w celu obniżenia temperatury ostrza. Kąt opasania frezu φ (czyli zakres styku frezu z materiałem obrabianym), zależny od szerokości skrawania a_e (Rys. 1), jak również zależny od kształtu obrabianej powierzchni (np. przy wykonywaniu naroży), należy brać pod uwagę dobierając prędkość skrawania v_c materiałów trudnoobrabialnych i inne parametry obróbki [3, 7, 8].

Niedogodności występujące przy skrawaniu stopów tytanu, takie jak np.: wysoka temperatura ostrza (prawie dwukrotnie wyższa niż przy obróbce stali; na skutek niskiej przewodności cieplnej stopów tytanu ostrze skrawające musi przejmować o około 30% więcej ciepła niż przy skrawaniu stali), wysokie obciążenie krawędzi skrawającej ostrza (co wynika z mniejszej powierzchni styku między wiórem i ostrzem, spowodowanym małą odkształcalnością stopów tytanu), wykruszanie ostrza przy wysokich siłach skrawania (co wynika ze sprężystego odkształcania się materiału obrabianego na skutek niewielkiej wartości modułu Younga oraz skłonności do adhezji przez spiętrzenie się ciepła w strefie skrawania),



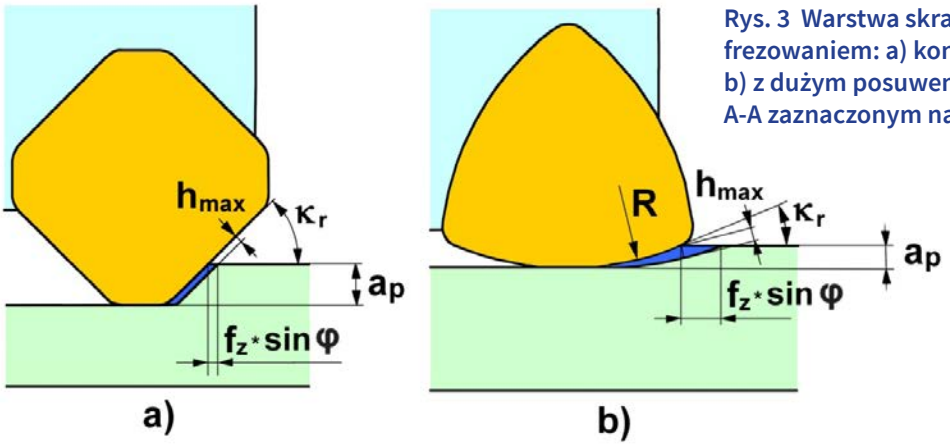
Rys. 1 Zależność kąta opasania frezu φ od szerokości skrawania a_e



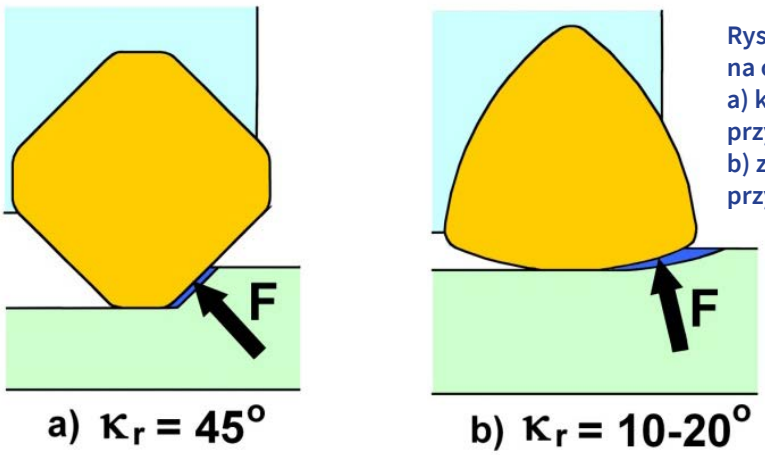
Rys. 2 Ogólne przedstawienie możliwości zwiększania szerokości skrawania a_e i tym samym kąta opasania frezu φ, w obróbce stopów tytanu, w zależności od prędkości skrawania v_c ustalonej pod kątem zapewnienia odpowiedniej trwałości ostrzy frezu

powodują potrzebę zmniejszania promieniowego i osiowego zakresu styku narzędzia skrawającego z przedmiotem obrabianym. W celu zapewnienia właściwej trwałości ostrzy frezu podczas skrawania stopów tytanu, kąt opasania frezu φ powinien wynosić 16÷45° (co odpowiada 2÷15% średnicy frezu D), podczas gdy dla obróbki typowych stali kąt opasania frezu φ wynosi 90÷180° (czyli 50÷100% D). Przy zachowaniu ustalonej odpowiedniej trwałości ostrzy, poprzez zmniejszenie kąta opasania frezu wynikającego z przyjętej szerokości skrawania a_e (Rys. 1) można podwyższać prędkość skrawania v_c; z kolei z innego punktu widzenia, dla zachowania dużej szerokości skrawania a_e potrzebnej dla wydajnego frezowania (np. z dużym posuwem), może być potrzebne zmniejszenie prędkości skrawania v_c dla zachowania ustalonej odpowiedniej trwałości ostrzy frezu (Rys. 2) [9].

Posuwy stosowane w obróbce HFM są około 10-cio krotnie wyższe niż przy frezowaniu konwencjonalnym. Aby nie spowodowało to znacznego wzrostu siły skrawania, mogącego przekroczyć wytrzymałość mechaniczną ostrza skrawającego, stosuje się zmniejszoną głębokość skrawania a_p oraz zmniejszony kąt przystawienia κ_r ostrza frezu (Rys. 3), który wpływa na przekrój warstwy



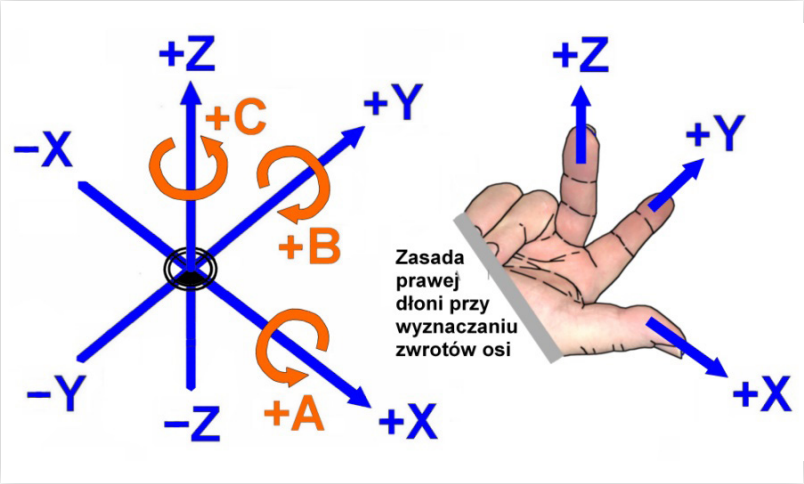
Rys. 3 Warstwa skrawana dla obróbki frezowaniem: a) konwencjonalnej, b) z dużym posuwem (HFM) – w przekroju A-A zaznaczonym na rysunku 1



Rys. 4 Kierunek siły skrawania działającej na ostrze frezu dla frezowania: a) konwencjonalnego; z kątem przystawienia κ_r=45°, b) z dużym posuwem (HFM); z kątem przystawienia rzędu κ_r=10÷20°

skrawanej, zapewniając korzystny kierunek działania siły skrawania, dzięki czemu siła ta jest skierowana w stronę wrzeciona, zmniejszając obciążenie obrabiarki i redukując drgania podczas procesu obróbki (Rys. 4). Przy wyższym posuwie zwiększa się również chropowatość powierzchni, co częściowo jest niwelowane odpowiednią geometrią narzędzia. Na rysunku 3 uwidoczniono warstwy skrawane dla frezowania konwencjonalnego i z dużym posuwem (w przekroju A-A zaznaczonym na rysunku 1); maksymalny wymiar warstwy skrawanej w kierunku promieniowym prostopadłym do osi frezu zwiększa się wraz ze wzrostem kąta opasania frezu φ wg zależności $f_z \cdot \sin\varphi$, aż do wartości φ=90°, dla której jest równy posuwowi na ostrze f_z (wówczas mamy szerokość skrawania a_e równą połowie średnicy frezu D) [7, 8].

Kierunki ruchów zespołów roboczych obrabiarek standardowo usytuowane są w układzie osi współrzędnych prostokątnych. Przyjęto jako podstawową zasadę przemieszczenie narzędzia względem prawoskrętnego układu współrzędnych prostokątnych odniesionego do przedmiotu obrabianego zamocowanego na obrabiarce oraz usytuowanego zgodnie z głównymi prostoliniowymi ruchami zespołów obrabiarki. Nomenklatura osi i ruchu zdefiniowana jest dla maszyn sterowanych numerycznie w normie ISO 841:2001(E) „*Industrial automation systems and integration – Numerical control of machines – Coordinate system and motion nomenclature*"; standaryzacja w tym zakresie ma na celu uproszczenie programowania oraz ułatwienie wymienności zapisanych danych. Założono, że norma definiuje standardowy układ współrzędnych maszyny i ruchy maszyny, tak aby programista mógł opisać operacje obróbki bez konieczności wiedzy, czy narzędzie zbliża się do przedmiotu obrabianego, czy przedmiot obrabiany zbliża się do narzędzia. Standardowy układ współrzędnych maszyny służy do podania współrzędnych ruchomego narzędzia (lub punktu w przestrzeni roboczej lub na rysunku) w odniesieniu do nieruchomego przedmiotu obrabianego.

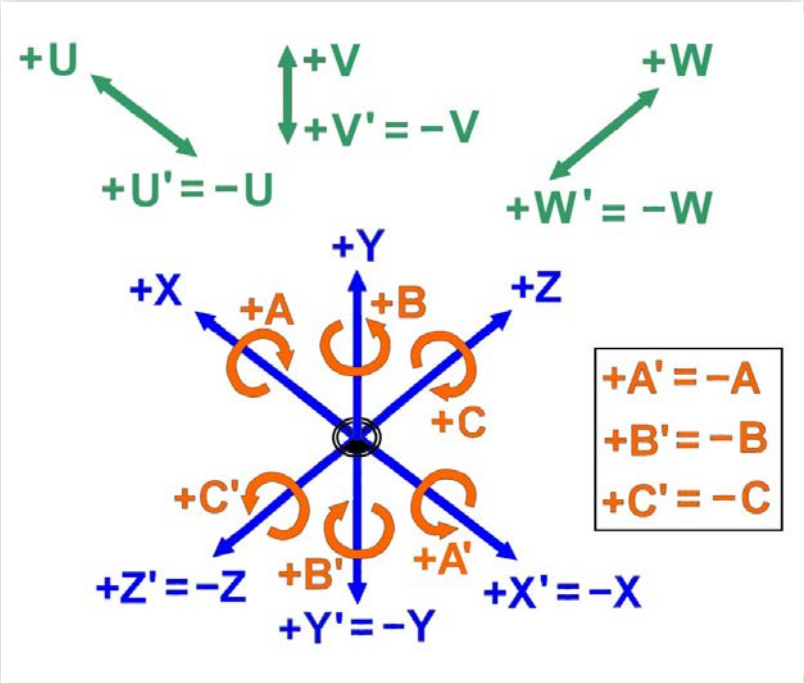


Rys. 5 Podstawowy prostokątny układ osi współrzędnych obrabiarki odniesiony do przedmiotu obrabianego zgodnie z przyjętą w normie ISO 841:2001(E) zasadą przemieszczania się narzędzia względem układu; obok zobrazowana zasada prawej dłoni, przydatna przy wyznaczaniu zwrotów osi

Zgodnie z normą ISO 841:2001(E) główne ruchy prostoliniowe dotyczące przemieszczania się narzędzia, które są równoległe do osi układu współrzędnych obrabiarki, oznacza się literami X, Y, Z – przyjmuje się, że dodatni zwrot ruchu zespołu roboczego obrabiarki (czyli zwiększający dodatnie i zmniejszający ujemne wartości pozycji) to zwrot ruchu narzędzia od przedmiotu obrabianego (w przypadkach niejednoznacznych, dotyczących m.in. niektórych frezarek, sposób określania dodatniego zwrotu ruchu opisany jest w ww. normie); przy wyznaczaniu zwrotów osi przydatna może być zasada prawej dłoni (Rys. 5).

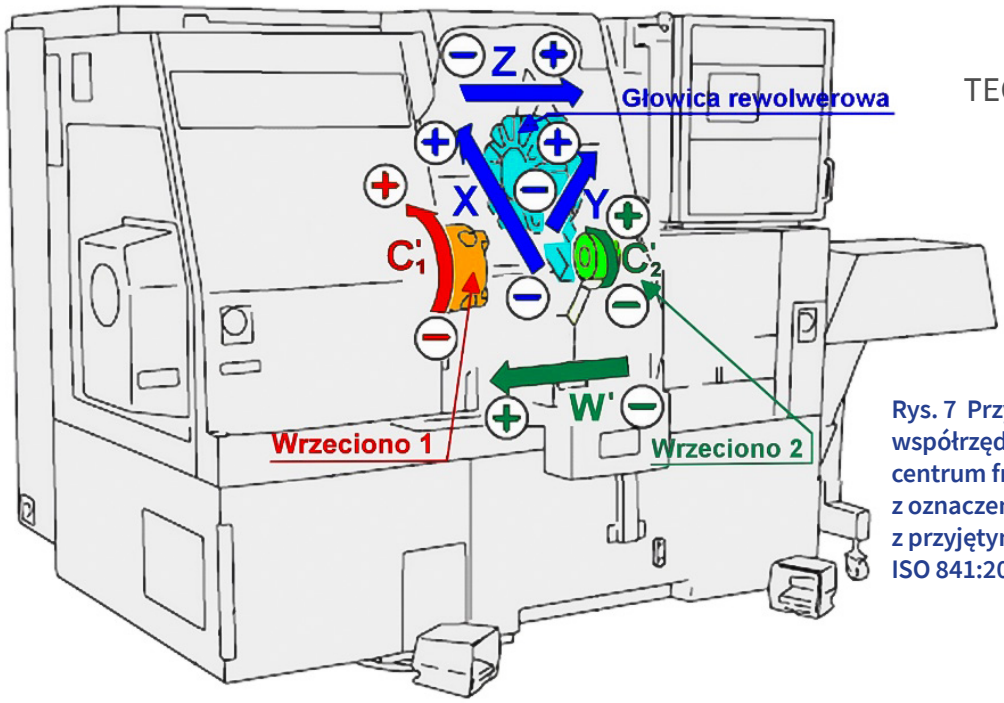
Przyjmuje się, że ruch wzdłuż osi Z jest równoległy do osi wrzeciona głównego, które może nadawać ruch obrotowy narzędziu lub przedmiotowi obrabianemu; obrót wrzeciona zgodny z ruchem wskazówek zegara odbywa się w kierunku wkręcania śruby prawozwojnej do przedmiotu obrabianego. Literami A, B, C oznacza się ruchy obrotowe narzędzia wokół osi X, Y, Z; dodatnie zwroty ww. ruchów obrotowych są zgodne z obrotem śruby prawoskrętnej przemieszczającej się zgodnie z dodatnim zwrotem odpowiedniej osi dookoła której następuje obrót.

Występujące drugie ruchy prostoliniowe równoległe do głównych ruchów X, Y, Z oznacza się odpowiednio literami U, V, W, a trzecie ruchy prostoliniowe równoległe do podstawowych oznacza się odpowiednio literami P, Q, R (ruchy prostoliniowe, które nie sąlub mogą nie być równoległe do X, Y, Z można także oznaczać literami U, V, W, P, Q lub R). Najbliżej wrzeciona głównego obrabiarki powinny być podstawowe ruchy X, Y, Z; następnymi najbliższymi powinny być ruchy drugie U, V, W, a oddalonymi jeszcze dalej powinny być ruchy trzecie P, Q, R.



Rys. 6 Prostokątny układ osi współrzędnych obrabiarki z zaznaczonymi zgodnie z zasadami przyjętymi w normie ISO 841:2001(E) oznaczeniami dotyczącymi ruchu narzędzia (litery bez znaku „prim”) i ruchu przedmiotu obrabianego (litery ze znakiem „prim”)

Zgodnie normą ISO 841:2001(E) osie współrzędnych dotyczące ruchów narzędzia (zespołów narzędziowych) oznacza się ww. literami, a osie współrzędnych dotyczące ruchów przedmiotu obrabianego (zespołów przedmiotowych) oznacza się również ww. literami, ale dodając indeks „prim” (Rys. 6). Podczas przesuwania narzędzia zwrot ruchu i zwrot osi są równe; ruchy dodatnie są oznaczone: +X, +Y, +Z, +A, +B, +C itd. Z kolei podczas przesuwania przedmiotu obrabianego zwrot ruchu i zwrot osi są przeciwne. Aby wskazać zwrot przeciwny, ruchy dodatnie



Rys. 7 Przykład układu osi współrzędnych typowego centrum frezarskiego, z oznaczeniami zgodnymi z przyjętymi w normie ISO 841:2001(E)

przedmiotu obrabianego są oznaczone +X', +Y', +Z', +A', +B', +C' itd., czyli zwrot osi -X = +X' ruchu obrabianego przedmiotu.

Na tokarkach oś Z jest zwykle osią obrotu wrzeciona przedmiotowego; dodatni zwrot tej osi odpowiada oddalaniu się narzędzia skrawającego od powierzchni ustalającej przedmiot obrabiany czyli od powierzchni oporowej szczęk uchwytu tokarskiego. Oś X zajmuje położenie prostopadłe do osi wrzeciona i jest równoległa do prowadnic suportu poprzecznego. Na rysunku 7 przedstawiono przykładowe oznaczenia układu osi współrzędnych dla typowego centrum tokarskiego, wyposażonego w drugie wrzeciono przechwytujące zamiast konika.

Zagadnienia produktywnego skrawania na wieloosiowych obrabiarkach CNC będą kontynuowane w następnych częściach, zarówno w aspekcie dotyczącym procesu technologicznego, jak i szczególnie w aspekcie programowania obróbki.

dr inż. Kazimierz Czechowski

www.kazik.neostrada.pl

Bibliografia:

[1] Michlowicz E., *Podstawy logistyki przemysłowej*. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH. Kraków, 2002

[2] Oczoś K.E., *Obróbka wysokowydajna - HPC (HIGH PERFORMANCE CUTTING)*. Mechanik nr 11, 2004, s.701-709

[3] Skorulski G., *Obróbki wysokowydajne na przykładzie technologii imachining*. Wersja autorska artykułu z IX Konferencji Szkoły Obróbki Skrawaniem na płycie CD, Mechanik nr 8-9, 2015, s. 442

[4] Honczarenko J., *Obrabiarki sterowane numerycznie*. WNT, Warszawa, 2008.

[5] Czechowski K., Stós J., Wronska I., *Możliwości zwiększenia produktywności w obróbce toczeniem – cz. I. Ogólna charakterystyka narzędzi produktywnych*. Stal Metale & Nowe Technologie nr 7-8, 2010, s. 6-9

[6] Czechowski K., Stós J., Wronska I., *Wybrane aspekty zwiększania produktywności we frezowaniu – cz. V. Rozwój obrabiarek i systemów CAD/CAM*. Stal Metale & Nowe Technologie nr 3-4, 2012, s. 14-18

[7] *Wysokowydajne frezowanie wg Sandvik Coromant. Frezowanie z wysokim posuwem jako rozwiązanie do zwiększenia opłacalności obróbki metalu*. Sandvik Polska Sp. z o.o., Forum Narzędziowe OBERON, 2019, 5 (98), s. 20-21

[8] Płodzień M., Żyłka Ł., Sułkowicz P., Żak K., Wojciechowski S., *High-Performance Face Milling of 42CrMo4 Steel: Influence of Entering Angle on the Measured Surface Roughness, Cutting Force and Vibration Amplitude*. Materials, 2021, 14, 2196; https://www.mdpi.com/journal/materials

[9] Watson D., Bayha T., Hofmann T., Festeau G., *Titanium takes off. The art and science of milling titanium to make aerospace parts*. Cutting Tool Engineering, 59, 2007, 36, 38-44

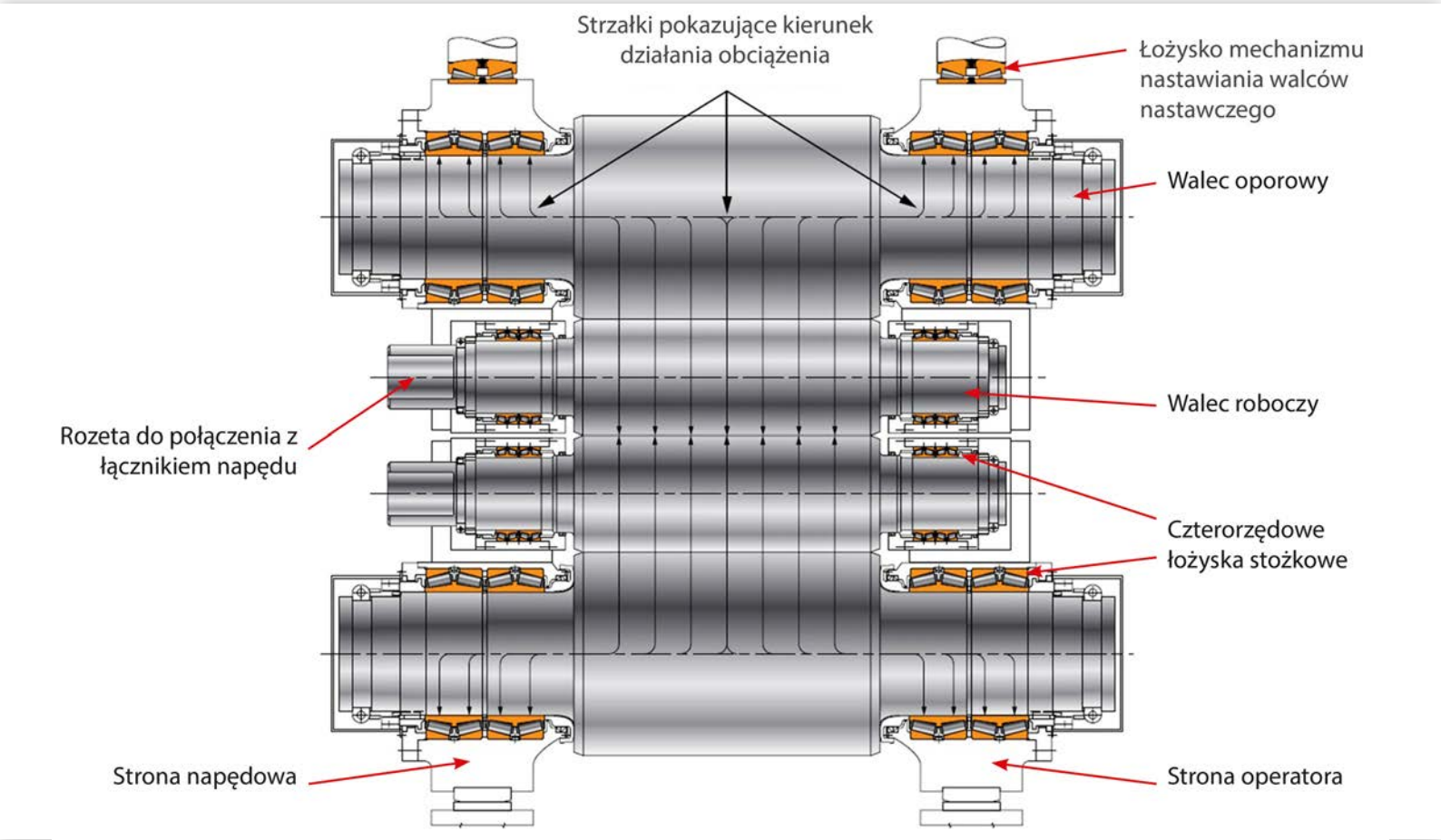
Rozwiązania konstrukcyjne dla łożysk oporowych walcarek

Podstawową rolą walcarki jest zmniejszanie grubości walcowanego materiału. Typowa linia walcownicza może składać się z jednej klatki walcowniczej, jednak z reguły jest ich kilka. Klatki walcownicze zwykle ustawione są w jednej linii, zapewniając stopniowe zmniejszanie grubości walcowanych produktów.

Sorin Tudor

Rysunek 1 przedstawia przekrój klatki walcowniczej z czterema walcami. Ułożyskowanie czopów walców oporowych oraz walców roboczych stanowią czterorzędowe łożyska stożkowe, a w śrubowym mechanizmie nastawiania walców, służącym do regulowania grubości walcowanych produktów – łożyska stożkowe oporowe.

Lewa strona klatki walcowniczej (Rys. 1) poprzez rozety na walcach roboczych jest połączona z układem napędowym klatki. Obudowa łożyska od strony napędowej ma możliwość swobodnego „pływania" w oknie stojaka. Prawa strona klatki (Rys. 1) to strona operatora. Obudowa łożyska z tej strony jest ustalona w oknie stojaka.



Rys. 1 Przekrój klatki walcowniczej z czterema walcami

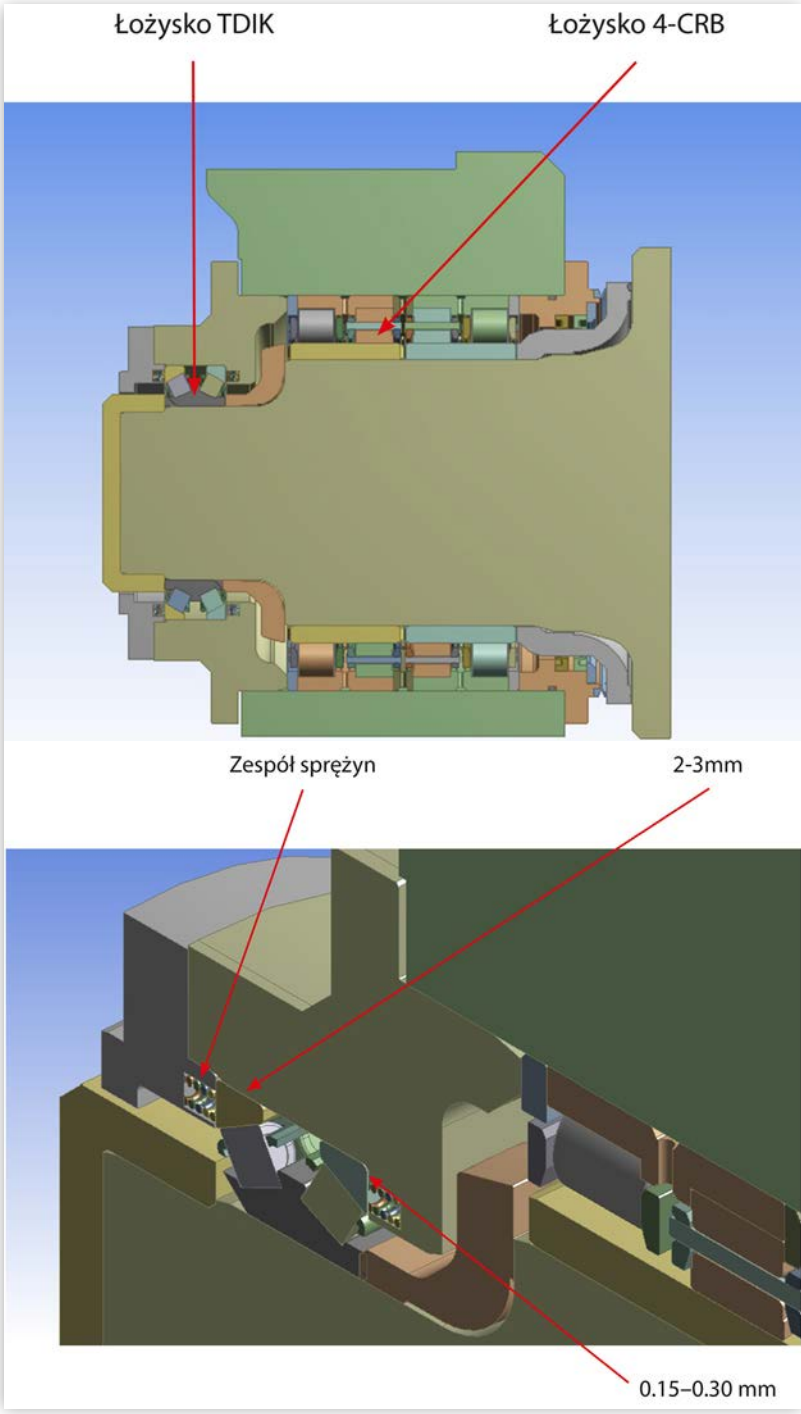
Na rysunku 1 pokazano również rozkład obciążeń powstających w procesie walcowania. Łożyska walcownicze są poddawane bardzo wysokim obciążeniom promieniowym i obciążeniu osiowemu o zróżnicowanym stopniu.

Jeśli walec oporowy lub roboczy jest podparty czterorzędowym łożyskiem walcowym (4-CRB), po stronie operatora (ustalonej) konieczne jest zastosowanie odrębnego, przystosowanego do pracy przy wysokich obciążeniach łożyska oporowego, zapewniającego przenoszenie zewnętrznych obciążeń osiowych występujących w procesie walcowania (Rys. 2). Łożyskiem takim jest przeważnie łożysko typu TDIK (dwurzędowe łożysko stożkowe z rowkiem klinowym w pierścieniu wewnętrznym). Po stronie napędu (pływającej), w celu unifikacji konstrukcji można również zastosować łożysko oporowe, jednak może być ono mniej masywne, np. łożysko kulkowe.

ŁOŻYSKO OPOROWE

Standardowe łożysko TDIK: zestaw sprężyn zabudowanych w obudowie (walcarka o konstrukcji tradycyjnej)

Rysunek 2 pokazuje konstrukcję z czterorzędowym łożyskiem walcowym (4-CRB) zabudowanym jako łożysko promieniowe oraz łożyskiem stożkowym (TDIK) pełniącym rolę łożyska oporowego. W celu zapewnienia stałego docisku obu pierścieni zewnętrznych (napięcia wstępnego), niezależnie od kierunku działania obciążenia poosiowego, dla łożyska TDIK niezbędne jest zastosowanie zewnętrznych sprężyn. Zespół sprężyn umieszczony w obudowie ma zapewnić stały docisk pierścienia zewnętrznego odciążonego rzędu łożyska. Ponieważ pierścienie łożyska są luźno pasowane, pierścienie wewnętrzne są zablokowane na czopie wału w miejscu podtoczenia za pomocą klina (zapobiega to obracaniu się i zużyciu otworu łożyska/powierzchni czopa). Pierścienie zewnętrzne są zamontowane z bardzo dużym luzem (około 2-3 mm), aby uniemożliwić przenoszenia przez łożysko jakichkolwiek obciążeń promieniowych. Szczelina pomiędzy czołem dociskanego

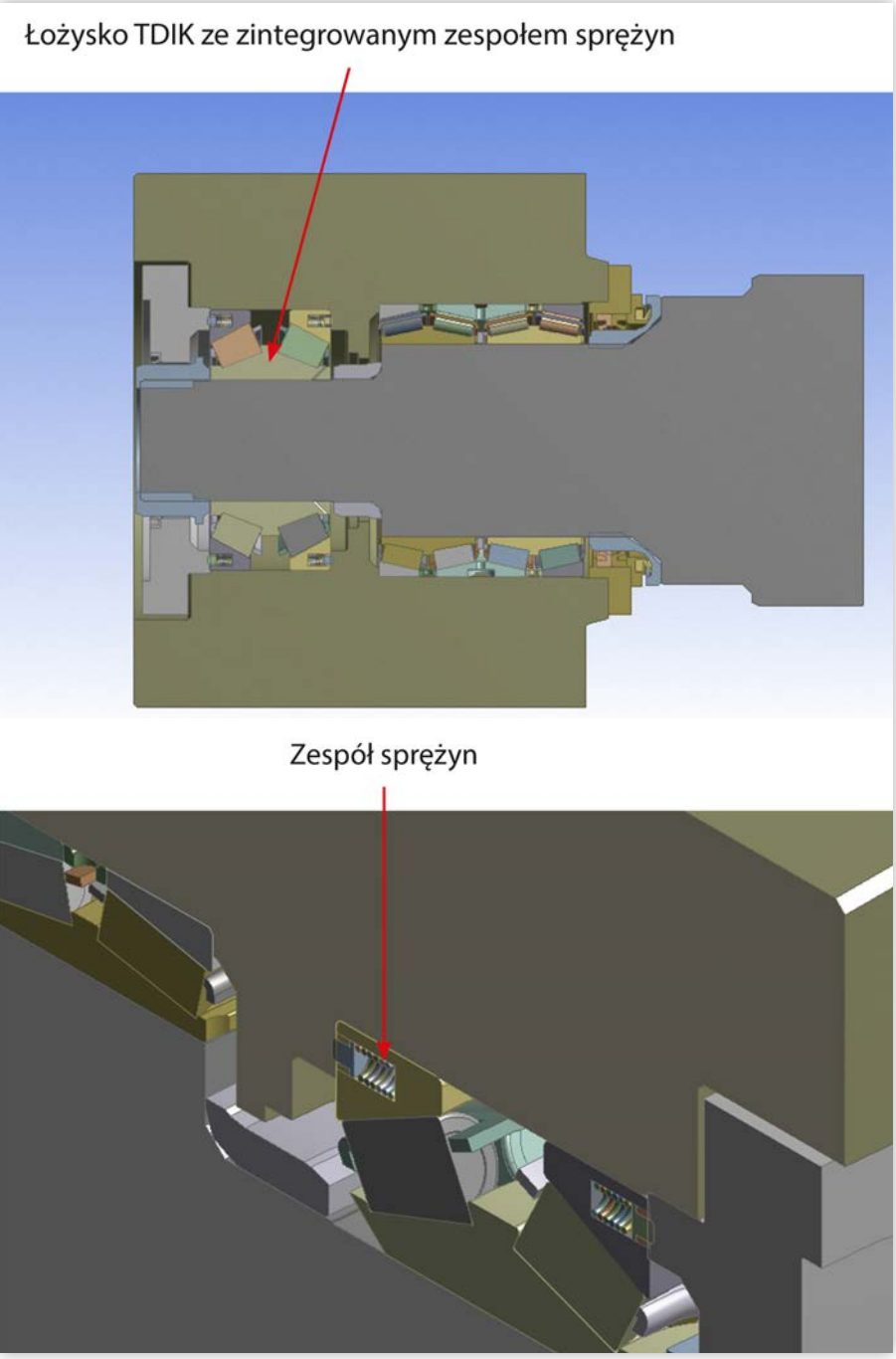


Rys. 2 Konstrukcja z podtoczeniem w czopie walca, łożyskiem walcowym (promieniowym) oraz łożyskiem oporowym TDIK

sprężynowo pierścienia zewnętrznego a obudową wynosi od 0,15 mm do 0,30 mm (z każdej strony).

Rozwiązanie firmy Timken: Łożysko TDIK ze zintegrowanym zespołem sprężyn (walcarka o konstrukcji uproszczonej)

W większości przypadków, jeśli stosowane są czterorzędowe łożyska stożkowe, nie jest wymagane dodatkowe łożysko oporowe (patrz: Rys. 1). Jednak



Rys. 3 Podtoczenie na czopie walca z czterorzędowym łożyskiem stożkowym i łożyskiem TDIK ze zintegrowanymi sprężynami

w przypadkach gdy obciążenie osiowe jest bardzo wysokie (np. wykorzystanie układów regulacji osiowej/uginania walców), niezbędne jest zastosowanie dodatkowego łożyska oporowego przejmującego powstałe obciążenia osiowe. Łożysko to zapobiega przejmowaniu obciążeń osiowych przez łożysko promieniowe. Rysunek 3 przedstawia konstrukcję z podtoczeniem na czopie wału, czterorzędowym łożyskiem stożkowym oraz dodatkowym łożyskiem oporowym typu TDIK.

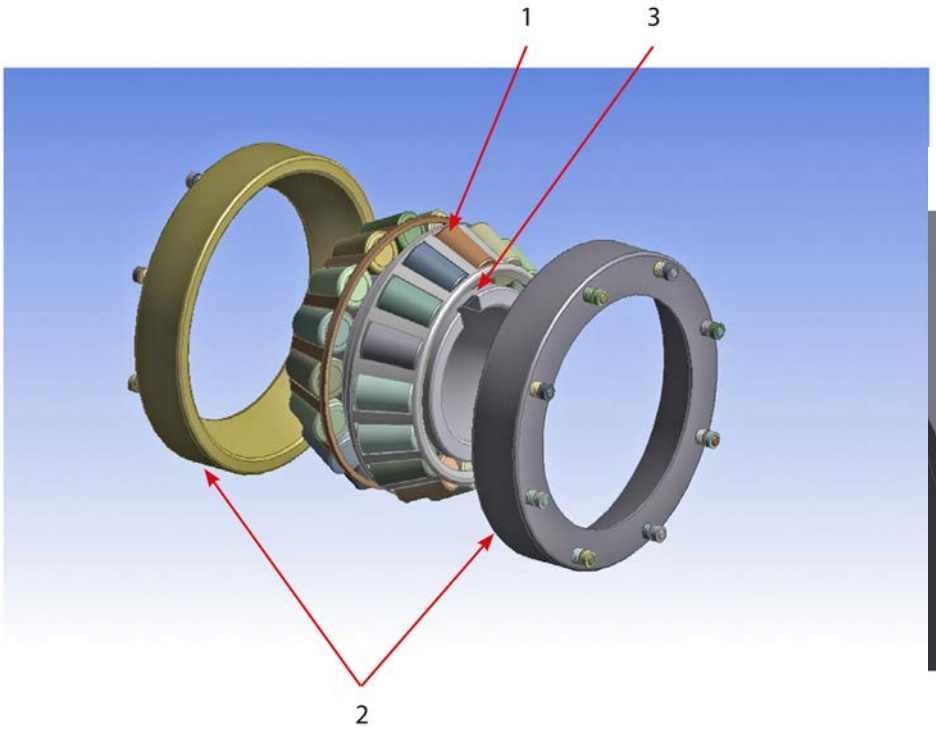
Firma Timken opracowała wersję łożyska oporowego TDIK wykorzystującą zintegrowany zespół sprężyn. Funkcja tego zespołu jest zbliżona do zaprezentowanego na rysunku 2 (sprężyny zabudowane w obudowie). Zespół sprężyn zintegrowany w pierścieniu łożyska zaprojektowano tak, aby uzyskać odpowiednią siłę osiową dociskającą odciążony rząd. Tego typu łożysko można stosować zarówno w nowych walcarkach, pomagając uprościć ich konstrukcję, jak i w istniejących walcarkach, w ramach ich modernizacji.

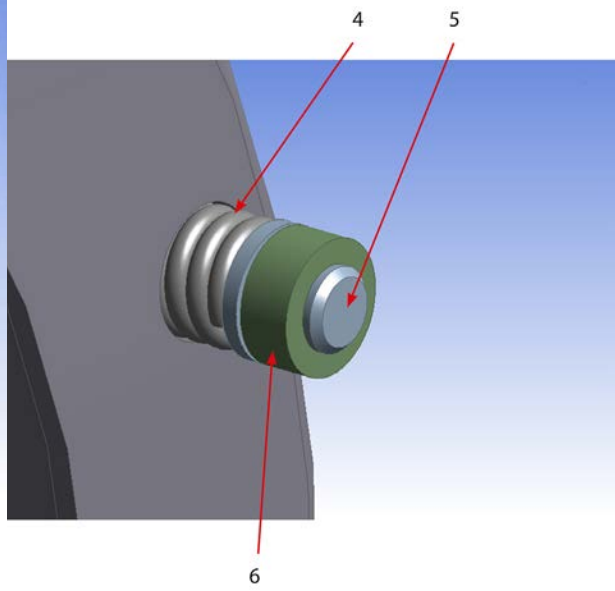
Zintegrowany zespół sprężyn ma dwie podstawowe zalety w porównaniu z tradycyjnym rozwiązaniem (sprężyny zewnętrzne):

1. Dzięki eliminacji sprężyn w obudowie konstrukcja ułożyskowania uległa uproszczeniu, co pozwala zminimalizować ryzyko utraty lub uszkodzenia sprężyn zewnętrznych niezbędnych w standardowym zespole TDIK.
2. Specyfikacja oraz zabudowa sprężyn są wykonywane przez producenta łożysk (producent/użytkownik walcarki ma ułatwiony montaż łożyska).

Konstrukcja łożyska typu TDIK ze zintegrowanym zespołem sprężyn jest pokazana na rysunku 4. Elementy łożyska zwierają: podwójny pierścień wewnętrzny z wałeczkami i koszem (1) oraz dwa pojedyncze pierścienie zewnętrzne (2). Podwójny pierścień wewnętrzny jest z reguły zabezpieczany klinem (3) w podtoczeniu czopa walca, od strony zewnętrznej łożyska.

Rowki klinowe znajdują się na obydwu czołach pierścienia wewnętrznego, dzięki czemu zespół łożyska można odwrócić wydłużając jego trwałość, jeśli obciążenie poosiowe podczas walcowania przeważa w jednym kierunku. Standardowo rowki klinowe z reguły wykonuje się na powierzchniach czołowych, jednak możliwe jest też wykonanie rowków





Rys. 4 Konstrukcja łożyska TDIK ze zintegrowanymi sprężynami

klinowych w otworze łożyska. W konstrukcji tego łożyska nie stosuje się pierścienia dystansowego pomiędzy pierścieniami zewnętrznymi łożyska. Zespół sprężyn składa się ze sprężyn (4), tłoczków (5) i pierścieni ustalających (6).

ANALIZA PRZYPADKU

Standardowy zespół TDIK: zespół sprężyn zabudowany w obudowie (walcarka o konstrukcji tradycyjnej)

Obliczenia sprężyn i procedura doboru

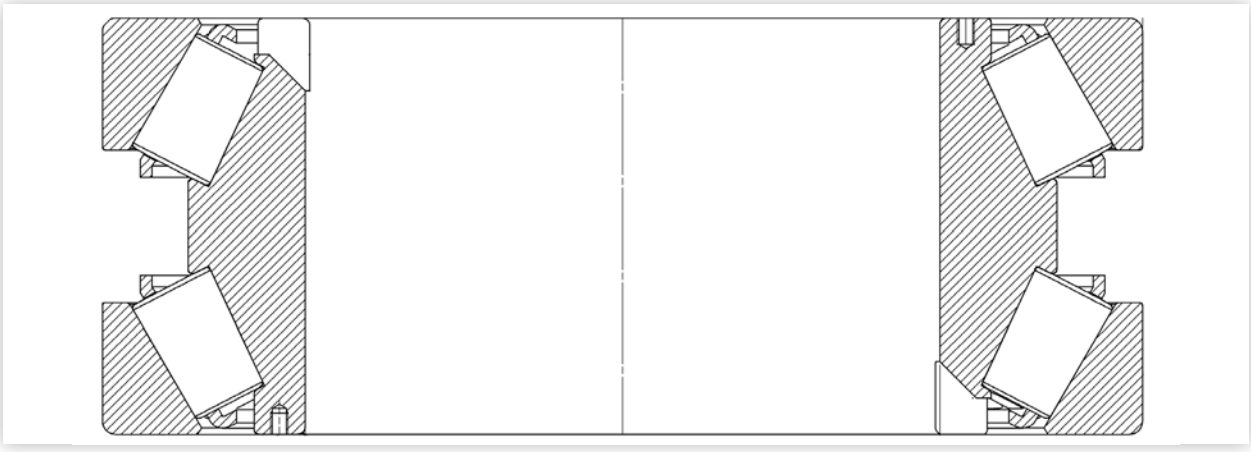
Cel

Poniżej zamieszczono procedurę obliczeń i doboru sprężyn dla tradycyjnej konstrukcji, w której zespół sprężyn jest zabudowany w obudowie (tradycyjna konstrukcja walcarki), a następnie omówiono konkretny przypadek. Celem tego artykułu jest szczegółowe opisanie procedury na potrzeby producentów walcarek, którzy często pytają o dobór sprężyn podczas projektowania nowych walcarek, z uwagi na ścisły związek między sprężynami a łożyskiem.

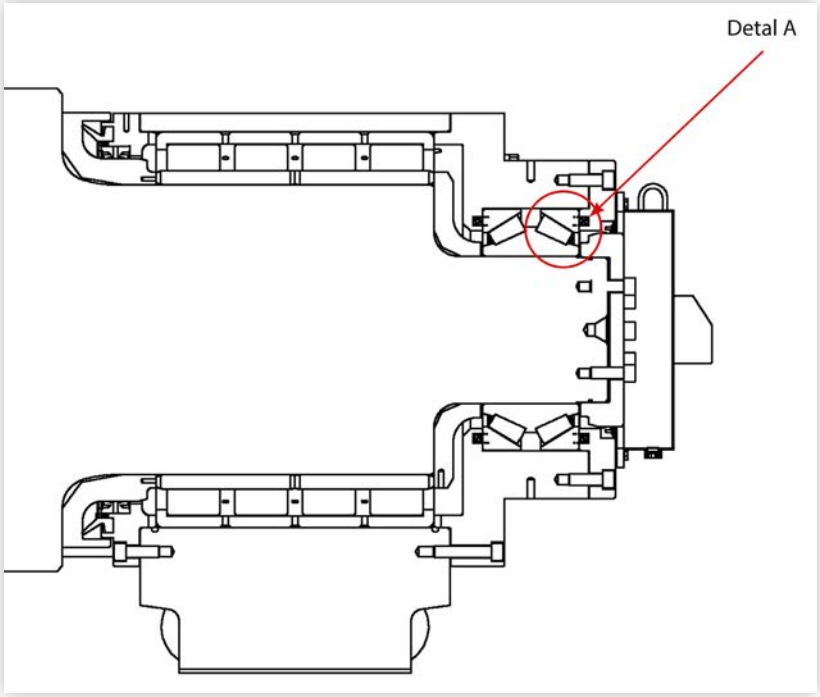
Przykład ten stanowi ilustrację tradycyjnej konstrukcji walcarki, jednak firma Timken Company przeprowadza podobne obliczenia w przypadku łożysk typu TDIK ze zintegrowanym zespołem sprężyn.

Dane wejściowe

W niniejszej analizie walec oporowy wielowalcowej walcarki aluminium (6HI) ułożyskowany jest na czterorzędowym łożysku walcowym (600RX2643) jako promieniowym oraz łożysku typu TDIK



Rys. 5 Schemat łożyska typu TDIK HM959740DW-HM959710



Rys. 6 Schemat czopu walca oporowego nowej walcarki aluminium 6HI

(HM959740DW-HM959710) jako oporowym. Schemat łożyska TDIK przedstawia rysunek 5. Nośność osiowa łożyska: C_{a90} = 522000 N.

Schemat czopu walca oporowego pokazano na rysunku 6.

Rysunek 7 przedstawia miejsce zabudowy sprężyny (detal A). Wstępnie dobrana sprężyna ma sztywność K = 250 N/mm. Długość swobodna sprężyny to L_0 = 30 mm, a długość sprężyny ściśniętej to L_{SH} = 24 mm.

Procedura obliczeń

a) Obliczenie żądanej siły nacisku w celu całkowitego dociśnięcia odciążonego rzędu łożyska

1. W pierwszym kroku oblicza się sumaryczną masę M (kg) pierścienia zewnętrznego wymagającego docisku oraz odpowiadających wałeczków i kosza:

M = masa pierścienia zewnętrznego + masa wałeczków + masa kosza = 22 + 16 + 2 = 40 kg

Jeśli nie są znane masy poszczególnych elementów składowych, masę sumaryczną M należy przyjąć jako jedną trzecią masy łożyska (dane katalogowe).

2. Następnie oblicza się siłę ciężkości W (N) odpowiadającą sumarycznej masie pierścienia zewnętrznego oraz odpowiadających wałeczków i kosza:

$$W = M \cdot 9{,}81 = 40 \cdot 9{,}81 = 392{,}4 \quad [N]$$

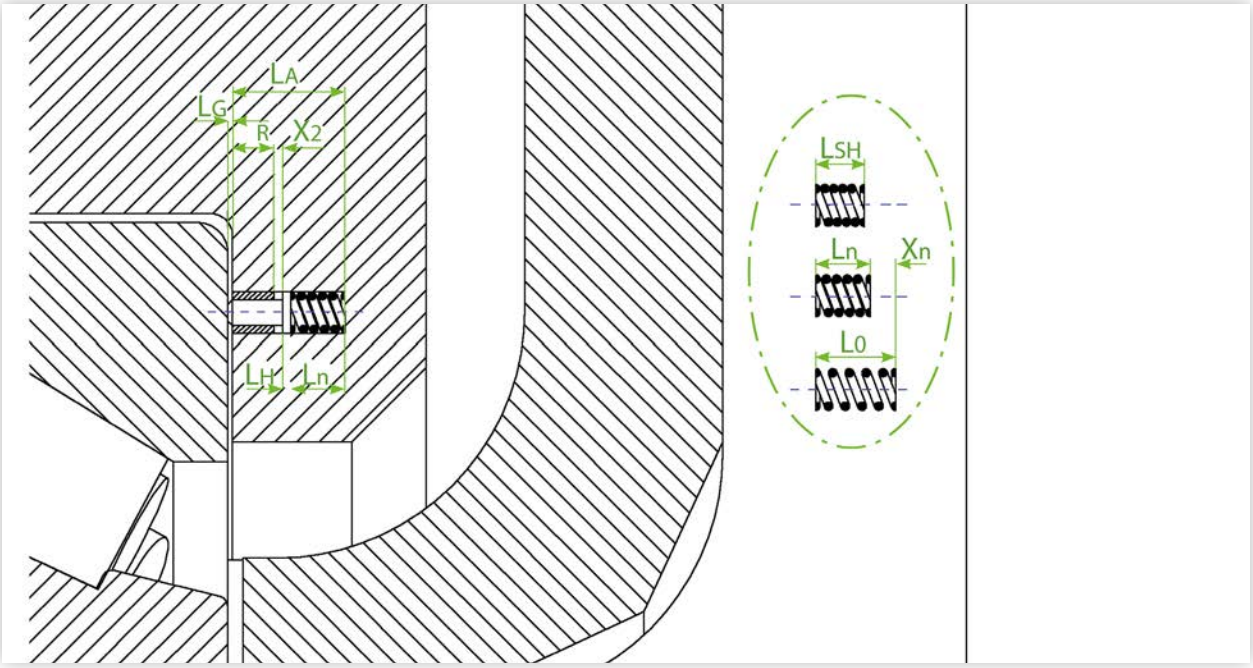
3. Zaleca się, aby żądana siła nacisku RSF (N) była 10 razy większa od wcześniej obliczonej siły ciężkości W (wytyczne oparte na doświadczeniu praktycznym) i oblicza się ją następująco:

$$RSF = W \cdot 10 = 10 \cdot 392{,}4 = 3924 \quad [N]$$

b) Siła wywierana przez wybraną sprężynę (naprężoną)

$$F_u = K \cdot X_n = 250 \cdot 4{,}7 = 1175 \quad [N]$$

gdzie K = sztywność sprężyny = 250 N/mm, natomiast X_n = ugięcie sprężyny.



Rys. 7 Detal A – zastosowana sprężyna

c) Wyznaczenie ilości sprężyn, n

$$n = RSF/F_u = 3924 \div 1175 = 3,3$$

Stąd projektant wybierze n = 4 sprężyny.

d) Całkowita siła nacisku sprężyn

Całkowitą siłę nacisku sprężyn oblicza się mnożąc wybraną siłę sprężyn przez liczbę sprężyn:

$$F = F_u \cdot n = 1175 \cdot 4 = 4700 \quad [N]$$

e) Weryfikacja stosunku siły sprężyn do nośności osiowej łożyska C_{a90}

$$r = F \div C_{a90} = 4700 \div 522000 = 0,9\%$$

(zaakceptowano, ponieważ 0,9% < 2%)

Siłę nacisku sprężyny należy utrzymywać poniżej 2% C_{a90}, aby uniknąć przykładania zbyt dużego dodatkowego nacisku na osadzony rząd i skracania trwałości L10 łożyska.

Dane wejściowe konstrukcji:

Głębokość otworu pod sprężynę, L_A: 36 mm
Długość pierścienia ustalającego, L_R: 7 mm
Wielkość dociśnięcia sprężyny, X_2: 1,7 mm
Wysokość główki tłoczka, L_H: 2 mm
Szczelina pomiędzy czołem pierścienia zewnętrznego a obudową, L_G: 0,3 mm

Obliczenia projektowe:

Długość sprężyny obciążonej:
$L_n = L_A - L_R - X_2 - L_H = 36 - 7 - 1,7 - 2 = 25,3$ mm
Ugięcie sprężyny:
$X_n = L_0 - L_n = 30 - 25,3 = 4,7$ mm

Weryfikacja w celu uniknięcia pełnego naprężenia sprężyny:

$L_n > L_{SH} \Leftrightarrow 25,3 > 24$ mm (zweryfikowano)

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Firma Timken opracowała nową wersję łożyska oporowego TDIK wykorzystującą zintegrowany zespół sprężyn. Zespół sprężyn zabudowany w pierścieniu łożyska zapewnia odpowiednią siłę osiową dociskającą odciążony rząd. To rozwiązanie można stosować zarówno w nowych walcarkach, upraszczając ich konstrukcję, jak i w istniejących walcarkach, w ramach ich modernizacji.

Nowa konstrukcja łożyska ma dwie podstawowe zalety w porównaniu z łożyskiem TDIK z zewnętrznym obciążeniem wstępnym:

1. Dzięki eliminacji sprężyn w obudowie konstrukcja ułożyskowania uległa uproszczeniu, co pozwala zminimalizować ryzyko utraty lub uszkodzenia sprężyn zewnętrznych niezbędnych w standardowym zespole TDIK.
2. Specyfikacja oraz zabudowa sprężyn są wykonywane przez producenta łożysk (producent/użytkownik walcarki ma ułatwiony montaż łożyska).

Procedurę obliczeń i doboru zespołu sprężyn zaprezentowano w analizie przypadku w części 3 artykułu. Obliczenia sprężyn i ich dobór to zagadnienia, o które często pytają nasi klienci w przypadku zarówno nowych walcarek, jak i walcarek, w których zespół sprężyn jest zabudowany w obudowie, ponieważ sprężyny mają wpływ na parametry eksploatacyjne łożysk. Celem niniejszej prezentacji jest wsparcie konstruktorów walcarek w doborze właściwych sprężyn.

Sorin Tudor
Specialist Application Engineer – HI Primary Metals
EU Customer Engineering

Bibliografia:

Vladimir B. Ginzburg i Robert Ballas, *Flat Rolling Fundamentals* (2000). Marcel Dekker, Inc., Nowy Jork

Timken Engineering Manual – Metals Industry Edition (2013). The Timken Company (nr katalogowy 10688)

Timken Metals Product Catalog (2014). The Timken Company (nr katalogowy 10675)

Aspekty i elementy **HYDRAULIKI OBRABIARKOWEJ** cz. 2: **zasilacze hydrauliczne**

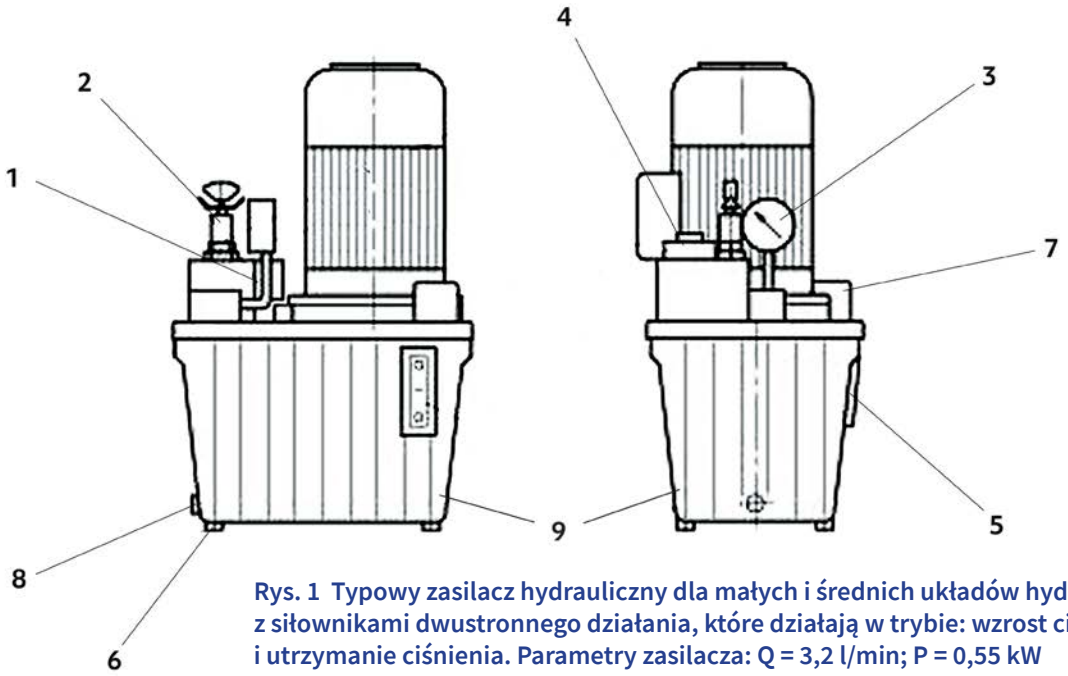
Układy hydrauliczne obrabiarek skrawających do metalu buduje się z wielu różnych elementów, różnych rodzajów. Jednym z podstawowych jest zasilacz hydrauliczny. Znajduje się on jakby na początku układu hydraulicznego, jednak jego dobór odbywa się na końcu projektowania układu, po zsumowaniu zapotrzebowania czynnika roboczego (oleju) w układzie hydraulicznym oraz obliczenia wymaganego ciśnienia.

Aleksander Łukomski

Zasilacze hydrauliczne to urządzenia, które pozwalają wygenerować odpowiednie ciśnienie czynnika roboczego dla uzyskania właściwych sił pracy odbiorników. Powinny zapewniać sprawne oraz płynne sterowanie odbiornikiem w danym układzie hydraulicznym. Głównymi elementami zasilacza hydraulicznego są:

1. Zbiornik, w którym zgromadzony jest czynnik roboczy (w hydraulice obrabiarkowej najczęściej jest to olej). Zbudowany jest na ogół jako skrzynia z blachy stalowej. Niekiedy skrzynia wykonana jest z aluminium, jako odlew użebrowany dla radiacyjnego chłodzenia oleju, rzadziej z tworzywa sztucznego. Od góry przykręcana jest poprzez uszczelkę płyta górna, często z rynienką dookoła, dla zbierania ewentualnych przecieków i z korkiem spustowym w niższym punkcie rynienki. W płycie tej zamontowany jest zespół pompowy (zwykle pompa poprzez sprzęgło połączona z silnikiem elektrycznym o odpowiednio wyliczonej mocy). Montaż tego zespołu wygląda tak, że pompa najczęściej jest wewnątrz zbiornika, a silnik elektryczny znajduje się nad płytą, ale zdarzają się rozwiązania z zespołem pompowym niezanurzonym w oleju. Wewnątrz zbiornika powinna znajdować się wspawana przegroda umożliwiająca przelewanie oleju powrotnego przez jej górną krawędź do komory, z której olej pobierany jest przez pompę i tłoczony do układu. Ma to na celu zatrzymywanie zanieczyszczeń. Na płycie górnej zamontowany jest korek wlewu oleju z otworkiem odpowietrzenia i filtrem wlewu oleju, a na ściance bocznej znajduje się wskaźnik ilości oleju w zbiorniku, umożliwiający też ocenę zużycia oleju. W dolnej części ściany bocznej znajduje się korek spustu oleju, często z magnesem zbierającym drobne opiłki metalowe. Skrzynia zbiornika powinna być tak ukształtowana, ażeby zasilacz stał co najmniej 100-150 mm nad posadzką. W tym celu powinny być w zbiorniku zamontowane nóżki. Trzeba też uwzględnić, że w wielu zakładach produkcyjnych może być wymóg postawienia zbiornika w wannie wychwytującej przecieki i wycieki oleju.

2. Filtry oleju, zamontowane na płycie górnej zbiornika, zapewniające odpowiednią czystość cieczy roboczej.



Części składowe zasilacza:

1. Zespół pompowy
2. Filtr
3. Manometr
4. Zawór bezpieczeństwa
5. Wskaźnik poziomu oleju
6. Cztery otwory montażowe M8x8
7. Korek wlewowy i odpowietrzający
8. Korek spustowy oleju G 3/8"
9. Zbiornik

Rys. 1 Typowy zasilacz hydrauliczny dla małych i średnich układów hydraulicznych z siłownikami dwustronnego działania, które działają w trybie: wzrost ciśnienia i utrzymanie ciśnienia. Parametry zasilacza: Q = 3,2 l/min; P = 0,55 kW

3. Chłodnice oraz nagrzewnice, które pozwalają na utrzymanie stałej temperatury czynnika roboczego. Wraz ze zmianą temperatury zmienia się lepkość oleju, a to powoduje zmianę jego właściwości wpływających na charakterystykę pracy. Niekiedy należy chłodzić olej, a niekiedy podgrzewać.

4. Źródło napędu, którym jest zazwyczaj silnik elektryczny. To właśnie ten element odpowiedzialny jest za wygenerowanie ciśnienia oraz przepływu cieczy na żądanym poziomie.

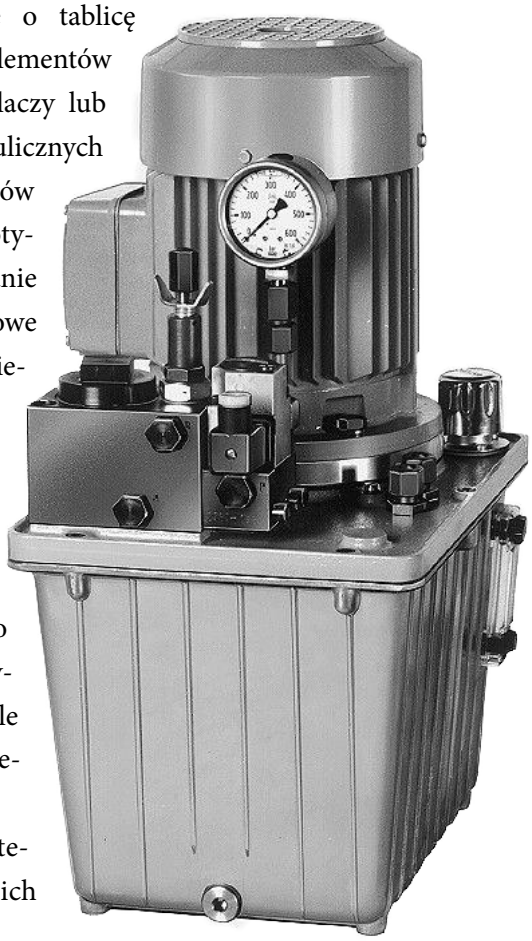
5. Zawory i rozdzielacze, to elementy niezbędne do sterowania układu hydraulicznego. Za ich pomocą można płynnie zmieniać kierunki przepływu cieczy roboczej, powodując realizację zaplanowanego cyklu pracy, dostosować ciśnienie i natężenie przepływu lub odciąć zasilanie w przypadku awarii lub wykrytego przeciążenia układu.

6. Manometry, czyli przyrządy pomiarowe, które informują o tym jak duże ciśnienie panuje w układzie lub umożliwiające nastawy poszczególnych ciśnień. Wtedy może być potrzebne kilka manometrów lub urządzenie do przełączania różnych obiegów hydraulicznych.

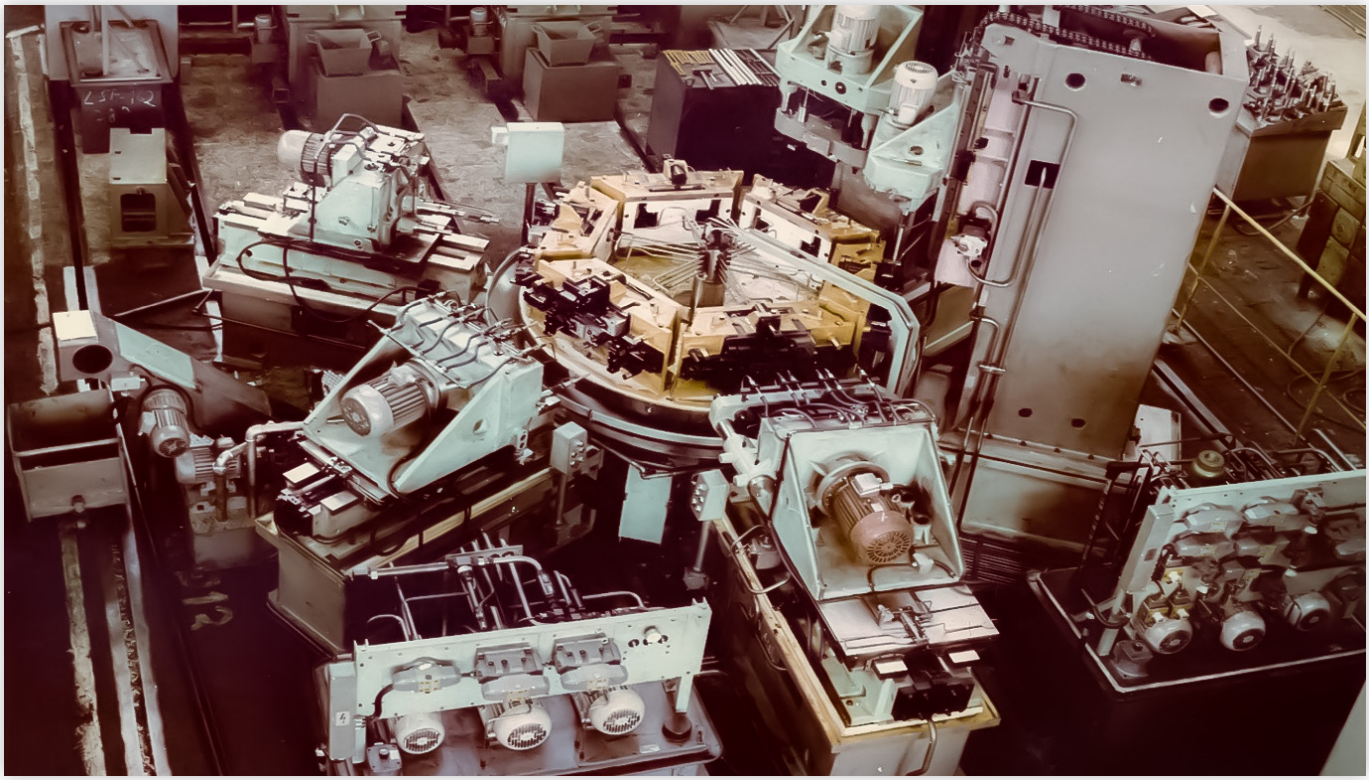
7. W rurach w zbiorniku zasilacza zasysających olej i przelewających olej do zbiornika z układu i do układu stosuje się ścięcia umożliwiające nieburzliwy przepływ. Niekiedy też stosuje się tzw. smoczki zasysające.

Podane powyżej typowe składniki zasilacza są niekiedy uzupełniane o tablicę na zamontowanie elementów sterujących – rozdzielaczy lub też bloków hydraulicznych z gniazdami zaworów nabojowych. Spotyka się też montowanie rozdzielaczy płytowe lub w korpusie rozdzielającym olej do kilku odbiorników z jednego rozdzielacza. Przy zastosowaniu w obrabiarce stołu obrotowego do zasilania kilku przyrządów, na tym stole konieczny jest rozdzielacz obrotowy.

Ze względów estetycznych, w ostatnich czasach zasilacz oraz aparaturę hydrauliczną montuje się często w specjalnych zamykanych szafach wolnostojących, instalowanych obok obrabiarki.



Fot. 1 Zdjęcie zasilacza z rysunku 1



Fot. 2 Obrabiarka zespołowa. Na pierwszym planie dwa duże zasilacze hydrauliczne z trzema zespołami pompowymi każdy i tablicami z rozdzielaczami. Na stole obrotowym w osi obrotu widoczny rozdzielacz obrotowy do zasilania napędów hydraulicznych przyrządów. Widać też zespoły posuwowe z prowadnicami prostokątnymi, napędzane siłownikami hydraulicznymi

Producenci oferują szeroką gamę zasilaczy, od bardzo małych, kompaktowych, na kilka litrów oleju, dla zasilania układów z jednym lub dwoma małymi siłownikami, po bardzo duże, do zasilania rozbudowanych linii obróbczych, czy też centralnej sieci zakładowej hydrauliki. Sieci zakładowe są niekiedy stosowane w przypadku rozbudowanego parku obrabiarkowego albo w dużych ośrodkach badawczych, np. w przemyśle motoryzacyjnym, gdzie pracuje wiele urządzeń badawczych, np. klasyfikacyjnych, napędzanych automatycznie sterowaną hydrauliką. Przeważnie w takiej sieci panują ciśnienia rzędu 200 bar i wymagane jest podłączenie obrabiarek lub stanowisk badawczych poprzez specjalną stację, tzw. manifold. Stacja ta wyposażona jest co najmniej w zawór redukcyjny, filtr, manometr oraz zawór zwrotny.

Należy wspomnieć o zasilaczach pneumo-hydraulicznych, ostatnio coraz popularniejszych. Inne ich nazwy to przetworniki ciśnienia lub przekładniki ciśnienia. Są to zasilacze napędzane sprężonym powietrzem, najczęściej z sieci zakładowej, o ciśnieniu 6 do 10 bar (dają możliwość uzyskiwania ciśnienia oleju do 500 bar). W przybliżeniu, działanie takiego zasilacza polega na zastosowaniu dużego siłownika pneumatycznego, który napędza znacznie mniejszy siłownik hydrauliczny. Z różnicy powierzchni tłoków wynika możliwość uzyskania przełożenia ciśnienia sprężonego powietrza na znacznie wyższe ciśnienie oleju. W praktyce zasilacze te są bardziej rozbudowane i najczęściej wyposażone w układ tzw. pompowania, który znacznie zwiększa możliwość uzyskania wysokich ciśnień po stronie olejowej. W zależności od wersji, zasilacze te mają kompletne systemy sterowania o odpowiednim poziomie bezpieczeństwa. Zasilacze z napędem pneumatycznym są w zasadzie dedykowane dla pras hydraulicznych, jednak znajdują też zastosowanie w hydraulice obrabiarkowej. Przykładowo w zunifikowanej jednostce wiertarskiej, przeznaczonej do budowy obrabiarek zadaniowych lub zespołowych, posuw realizowany jest poprzez taki przekładnik. Umożliwia to znacznie precyzyjniejsze sterowanie posuwem (który realizowany

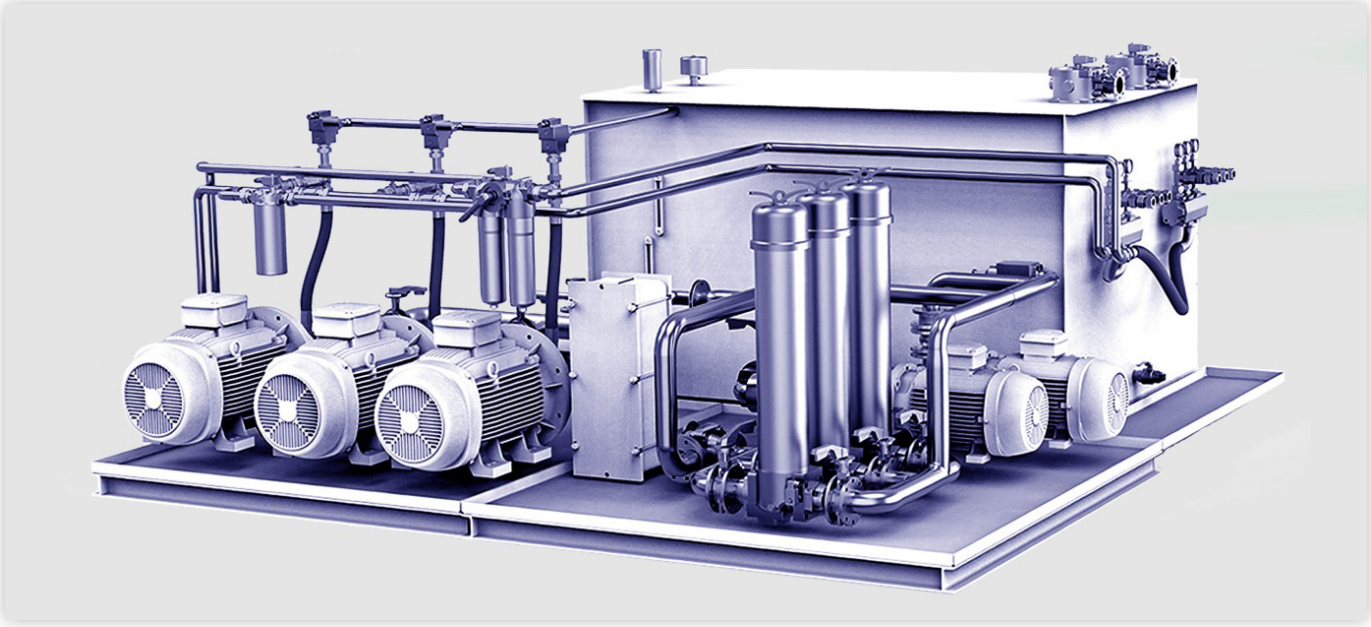
Fot. 3 Przekładnik pneumo-hydrauliczny (przetwornik). Po stronie pneumatycznej (kolor zielony) – ciśnienie 8 bar, a po hydraulicznej (kolor czarny) – ciśnienie 470 bar

jest hydraulicznie), uzyskiwanie większych sił posuwu osiowego podczas wiercenia oraz – co bardzo ważne – uzyskiwanie płynnego ruchu posuwu, ze względu na małą ściśliwość oleju w stosunku do większej ściśliwości powietrza.

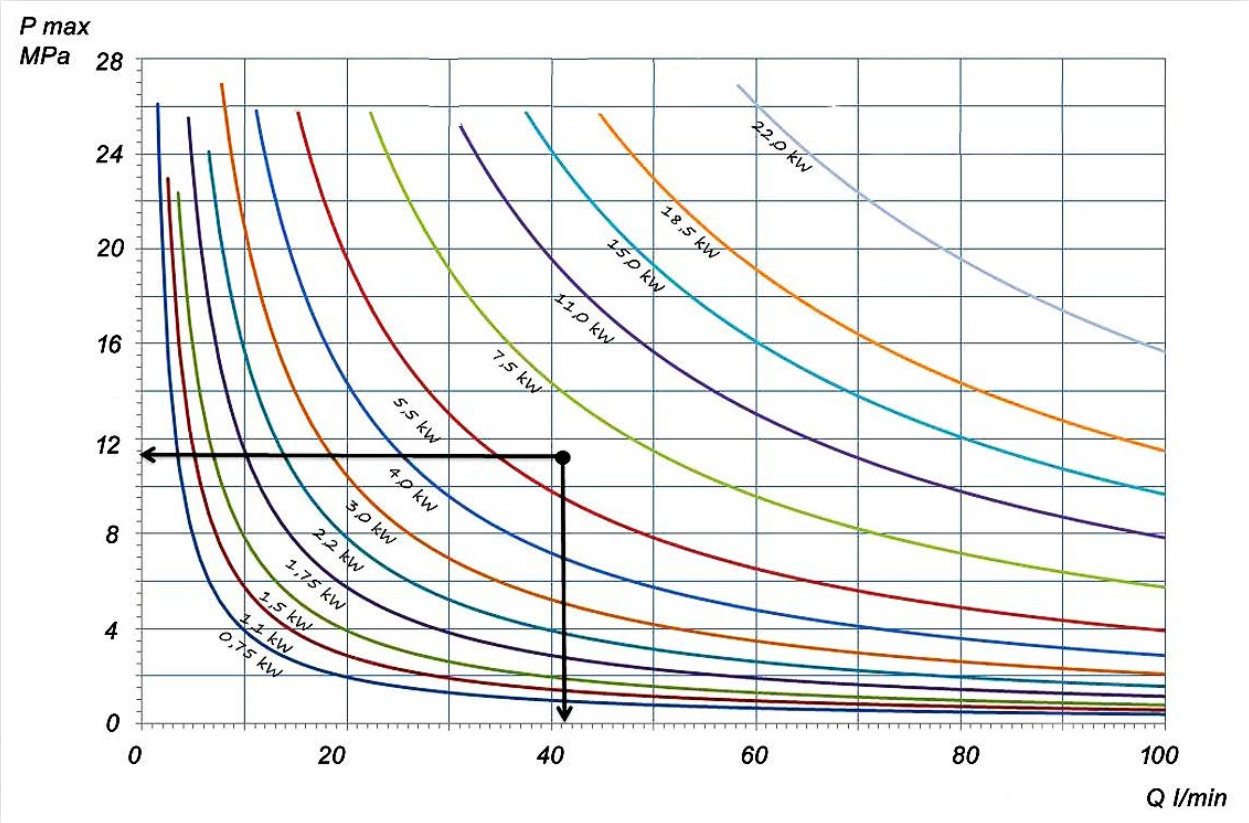
Instalacje sprężonego powietrza są też niekiedy stosowane do napędu pompy w zasilaczu przy pomocy silnika pneumatycznego obrotowego oraz jednocześnie do sterowania rozdzielaczy w przypadku np. pracy układu hydraulicznego, pracującego np. w strefie zagrożenia wybuchem. Dla pojedynczej obrabiarki istnieje możliwość oddalenia zasilacza poza strefę zagrożenia wybuchem, a nawet zainstalowania go w innym pomieszczeniu i połączeniu go dłuższymi rurami z obrabiarką. Jednak przewody te nie powinny być dłuższe niż około 10 000 mm. W instalacjach hydraulicznych zakładowych zasilacz zawsze jest zainstalowany w specjalnym pomieszczeniu, najczęściej odizolowanym od strefy produkcji.

Podobnie może to wyglądać przy układach hydraulicznych dużych linii obróbczych, gdzie każde stanowisko obróbcze (a może ich być wiele) może składać się z kilku jednostek obróbczych, częściowo z napędami hydraulicznymi dla ruchów posuwowych i mocowania detali podczas obróbki. Spotyka się wtedy rozwiązania z zasilaczami dla każdego stanowiska linii lecz ze wspólnym sterowaniem elektrohydraulicznym. Zdarzają się też rozwiązania z centralnym zasilaczem dla całej linii – najczęściej w liniach do obróbki korpusów – zamocowanym na wędrującej palecie, która musi być na każdym stanowisku obróbczym pozycjonowana i zamocowana, co też odbywa się przy pomocy hydrauliki. Mocowanie korpusu na palecie dokonywane jest na stanowisku załadowczym linii i najczęściej dokonywane jest za pomocą klucza hydraulicznego, gdzie podczas dalszego transportu na poszczególne stanowiska obróbcze nie ma już na ogół możliwości odmocowania obrabianego korpusu, aż nie trafi on z powrotem na stanowisko obsługi.

Dobór zasilacza hydraulicznego do konstruowanej obrabiarki, jego wielkość, osiągane ciśnienie,



Fot. 4 Duży zasilacz z pięcioma zespołami pompowymi

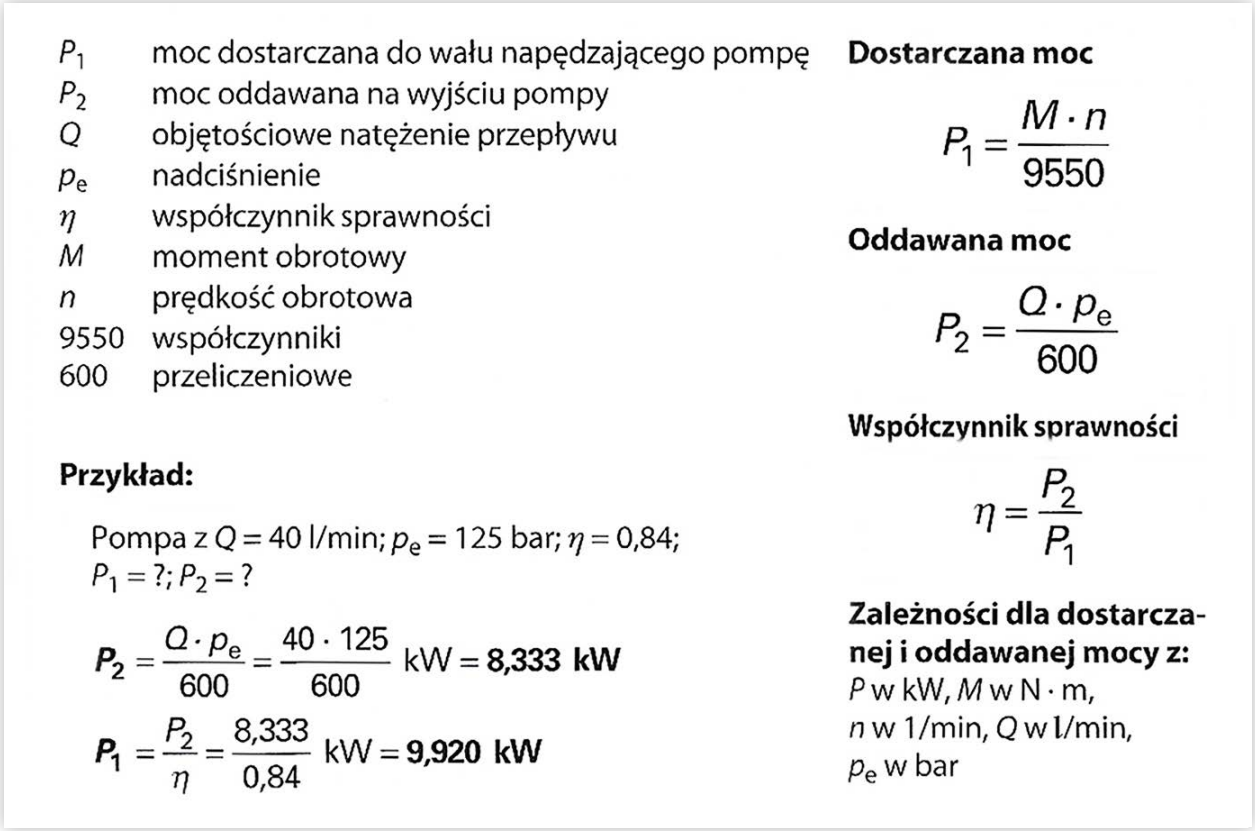


Rys. 2 Orientacyjne wyznaczanie mocy silnika elektrycznego w zależności od ciśnienia i wydajności pompy

sprowadza się w dzisiejszych czasach do przeglądu dostępnych w handlu zasilaczy. Rzadko obecnie projektuje się zasilacze we własnym zakresie, gdyż na rynku jest duża ich dostępność, od małych, kompaktowych, po duże, z wielkimi zbiornikami i często wieloma zestawami pompowymi. Można oczywiście też zlecić wyspecjalizowanej firmie wykonanie zasilacza specjalnego.

Pierwszym czynnikiem, który należy wziąć pod uwagę podczas wyboru (lub ew. projektowania) zasilacza hydraulicznego jest jego miejsce pracy – czy ma być wolnostojący, w specjalnej szafie, czy kompaktowy, zamontowany do korpusu obrabiarki oraz czy przypadkiem nie musi pracować w strefie zagrożenia wybuchem. Kolejnymi parametrami jakimi charakteryzują się zasilacze hydrauliczne są:

- Wydajność, która decyduje o szybkości ruchu, np. tłoka siłownika hydraulicznego. Jednak najczęściej trzeba uwzględnić sumę zapotrzebowania oleju, zwłaszcza przy większej liczbie siłowników, i tzw. chłonność, zwłaszcza przy siłownikach o ruchu wirowym (silniki hydrauliczne), która może być znaczna. Wydajność wpływa też na wielkość, nie tylko pompy ale i pozostałej aparatury układu hydraulicznego. Stosuje się tu w zasadzie proste wzory sumujące objętości poszczególnych odbiorników. Jednak niekiedy przy rozbudowanych układach należy uwzględnić współczynnik jednoczesności pracy wszystkich odbiorników. Do tego (ale nie tylko do tego) najczęściej potrzebny jest cyklogram pracy układu. Może się okazać, że współczynnik ten będzie miał wartość poniżej 0,5, co będzie miało duży wpływ na wydajność pompy i całego układu. Niekiedy korzystniej jest zastosować wiele zestawów pompowych, zwłaszcza jeżeli stosujemy różne ciśnienia i różne wydajności.
- Maksymalne ciśnienie tłoczenia, które decyduje o sile generowanej przez układ i ma znaczący wpływ na moc silnika napędu pompy i dobór innych elementów układu hydraulicznego. Wyznacza się tu zapotrzebowanie mocy silnika elektrycznego pompy w zależności od strumienia wyjściowego i ciśnienia pracy oraz określa się objętość roboczą pompy przy zadanej prędkości obrotowej silnika.



Rys. 3 Określanie mocy zespołu pompowego

- Masa zasilacza;
- Pojemność zbiornika na czynnik roboczy. Pojemność ta powinna wynosić 3-5 razy więcej niż wynosi objętość (chłonność) wszystkich odbiorników układu oraz rurociągów. Na ogół wystarcza to do utrzymania właściwej temperatury oleju w układzie.
- Sprawność układu;
- Moc silnika elektrycznego.

W głównej mierze podczas doboru zasilacza hydraulicznego należy kierować się wydajnością oraz maksymalnym ciśnieniem tłoczenia. Te dwa parametry będą decydować o maksymalnych siłach oraz dynamice układu zasilonego przez dobrane urządzenie. Wyznacza się tu zapotrzebowanie mocy silnika elektrycznego napędu pompy w zależności od strumienia wyjściowego i ciśnienia pracy oraz określa się objętość roboczą pompy przy zadanej prędkości obrotowej silnika. Na rysunku 2 przedstawiono orientacyjny dobór mocy silnika elektrycznego napędu pompy w układzie hydraulicznym obrabiarki. Na rysunku 3 przedstawiono podstawowe wzory związane z doborem silnika i pompy. Na wielu portalach zajmujących się hydrauliką można znaleźć kalkulatory do doboru zasilaczy hydraulicznych.

Układy hydrauliczne w obrabiarkach, a zwłaszcza w zadaniowych i specjalnych są często stosowane ze względu na ich wielkie zalety, a przede wszystkim z powodu stosunkowo łatwej realizacji cykli automatycznych. Zalety te równoważą pewne niedogodności stosowania hydrauliki oraz konieczność zdobycia przez konstruktora pewnej wiedzy i doświadczenia w projektowaniu, niekiedy bardzo skomplikowanych układów hydraulicznych. Dają jednak wiele satysfakcji z dobrego i poprawnego zaprojektowania skomplikowanego układu hydraulicznego obrabiarki, maszyny czy urządzenia technologicznego.

Aleksander Łukomski

Biodegradowalne ciecze i oleje hydrauliczne – czy warto?

Od wielu lat na świecie obserwuje się powstawanie tzw. „zielonych" inicjatyw dotyczących różnych obszarów naszego życia. Biopaliwa, energia wiatrowa, energia słoneczna, recykling odpadów to tylko niektóre z nich. Producenci środków smarowych oraz maszyn przemysłowych również kierują swoją uwagę na bardziej ekologiczne rozwiązania, wprowadzając na rynek produkty łatwo biodegradowalne i przyjazne dla środowiska.

Wraz ze wzrostem wymagań dotyczących systemów smarowania w urządzeniach przemysłowych wzrasta również prawdopodobieństwo przypadkowego uwolnienia płynów eksploatacyjnych. Dążenie do coraz mniejszych rozmiarów maszyn i urządzeń sprawia, że pracują one w wyższych temperaturach i ciśnieniu, oraz w wydłużonych cyklach roboczych. Proces ten powoduje skrócenie żywotności komponentów w danym układzie maszyny, co może mieć wpływ na pojawienie się awarii. Aby zapobiegać wyciekom i rozlaniom, w takich przypadkach najlepszym rozwiązaniem dla pracującego sprzętu jest rutynowa konserwacja i monitoring stanu maszyny.

Podjęcie takich działań zwiększa zdecydowanie bezpieczeństwo pracy, skraca przestoje sprzętu, zapobiega awariom i co najważniejsze zwiększa żywotność urządzeń oraz pozwala ograniczyć koszty neutralizacji wycieków. Dobrym rozwiązaniem jest zatem stosowanie produktów smarowych o zwiększonej biodegradowalności.

Biodegradowalne środki smarowe otrzymywane są z olejów roślinnych pozyskiwanych m.in. z nasion słonecznika, soi, rzepaku i palmy oleistej. Mogą być również wyprodukowane z syntetycznych estrów lub mieszaniny olejów mineralnych z wyżej wymienionymi bazami pochodzenia naturalnego, które muszą spełniać ustalone kryteria ekologiczne. Powszechnie uważa się, że bio-środki smarowe charakteryzują się wysoką biodegradowalnością i są przyjazne dla człowieka i środowiska naturalnego. Można tutaj również wspomnieć o jeszcze jednym parametrze, a mianowicie o zawartości węgla pochodzenia biologicznego. Im w oleju jest większy udział surowców ze źródeł naturalnych, tym zawartość tego węgla będzie wyższa. Takie środki smarowe niewątpliwie są alternatywą dla konwencjonalnych olejów mineralnych i dzięki swoim naturalnym cechom pozwalają zapobiegać zanieczyszczeniom. Mimo tego faktu, oleje smarowe, które powstają na bazie biodegradowalnych składników, stanowią nadal wąski segment rynku. Ich wykorzystanie rośnie w obszarach, gdzie prawdopodobieństwo bezpośredniego kontaktu z glebą czy zbiornikami wodnymi jest wysokie. Z powodzeniem zastępują one oleje hydrauliczne, oleje do pomp zlokalizowanych przy akwenach wodnych czy oleje do łańcuchów pił w leśnictwie i ogrodnictwie.

Niewątpliwą zaletą biodegradowalnych środków smarowych są bardzo dobre właściwości smarujące, znacznie lepsze niż olejów mineralnych. Mają także wysoki wskaźnik lepkości, wynoszący około 220 (dla typowych olejów mineralnych wynosi on około 90-100). Kolejną istotną cechą olejów roślinnych w zastosowaniu przemysłowym jest ich wysoka temperatura zapłonu. Z kolei wadą naturalnych olejów roślinnych w ich naturalnej postaci są ich słabsze właściwości niskotemperaturowe, nieprzyjemny zapach oraz słaba kompatybilność z farbami i uszczelnieniami. Tu nieco lepszymi właściwościami niskotemperaturowymi i stabilnością oksydacyjną od olejów roślinnych charakteryzują się estry syntetyczne. Dzięki zastosowaniu odpowiednich dodatków uszlachetniających, takich jak modyfikatory

ORLEN OIL
INDUSTRIAL LUBRICANTS

OLEJE BIODEGRADOWALNE ORLEN OIL

EKSPERT W TWOJEJ BRANŻY

Firma ORLEN OIL w swoich działaniach stawia na innowacyjność i technologicznie zaawansowane produkty, odpowiadając na wyzwania dzisiejszej cywilizacji. Kierując się ideą zrównoważonego rozwoju, nasi eksperci we współpracy z prestiżowymi ośrodkami naukowo-badawczymi opracowują produkty, które są przyjazne naturze, a ich stosowanie minimalizuje szkodliwy wpływ na środowisko naturalne. Ta inwestycja w prace nad nowoczesnymi technologiami zaowocowała powstaniem biodegradowalnych olejów hydraulicznych **HYDROL BIO HEES EL 46** oraz **HYDROL BIO HETG EL 46**.

www.orlenoil.pl

lepkości, depresatory, inhibitory korozji, inhibitory utleniania można zniwelować mniej korzystne właściwości olejowych baz naturalnego pochodzenia. Jednak nie zawsze jest możliwość dobrania produktu o pożądanej lepkości, jak również niejednokrotnie ciężkie warunki pracy wykluczają zastosowanie biodegradowalnych olejów. Dlatego w miejscach, gdzie nie można zastosować takich środków smarowych, konieczna jest zrównoważona gospodarka olejowa oraz optymalne zarządzanie parkiem maszyn. Zapobieganie awariom sprzętu poprzez ich regularną konserwację obniża ryzyko niekontrolowanych wycieków płynów eksploatacyjnych, a tym samym wpływa pozytywnie na bezpieczeństwo środowiska naturalnego. Wychodząc naprzeciw potrzebom stawianym przez przemysł, ORLEN OIL w swoich działaniach produkcyjnych skutecznie odpowiada na wyzwania dzisiejszej cywilizacji. Polski lider środków smarowych prowadzi szeroko zakrojone inicjatywy ukierunkowane na innowacyjne i technologicznie zaawansowane produkty. Idea zrównoważonego rozwoju wymaga, aby krajowi eksperci we współpracy z prestiżowymi ośrodkami naukowo-badawczymi opracowywali produkty przyjazne naturze mające minimalny wpływ na środowisko naturalne. Liczne badania oraz testy przy użyciu nowoczesnej technologii produkcji zaowocowały powstaniem biodegradowalnych olejów hydraulicznych takich jak: HYDROL BIO HEES EL 46 oraz HYDROL BIO HETG EL 46, oleju do pilarek (PILAROL EKO), oleju antyadhezyjnego (KONKRETON V-BIO) czy smaru (SMAROL UNIWERSALNY EKO). Produkty te zostały stworzone głównie z myślą o wydajnej i bezpiecznej pracy w układach hydraulicznych maszyn i urządzeń eksploatowanych w leśnictwie, rolnictwie i w budownictwie (roboty ziemne).

Elżbieta Migdał

Kierownik Produktu
Dział Badań i Rozwoju
ORLEN OIL Sp. z o.o.

HYDRAULICZNE	HYDROL BIO HEES EL 46	**Klasyfikacja:** ISO 6734-4 HEES; **Jakość:** ISO 15380; **Lepkość:** ISO VG 46 **HYDROL BIO HEES EL 46** to łatwo biodegradowalny olej hydrauliczny produkowany na bazie specjalnie **wyselekcjonowanych estrów syntetycznych** oraz dodatków uszlachetniających, które zapewniają niską toksyczność, minimalizując wpływ na środowisko w przypadku rozlania lub wycieku. Produkt charakteryzuje się dobrą odpornością na utlenianie, szerokim zakresem temperatur pracy oraz wydłużonym okresem eksploatacji. Jest kompatybilny z uszczelnieniami typu HNBR, NBR 1, FKM 2 oraz AU. **HYDROL BIO HEES EL 46** posiada bardzo dobre właściwości reologiczne w czasie eksploatacji.
	HYDROL BIO HETG EL 46	**Klasyfikacja:** ISO 6734-4 HETG; **Jakość:** ISO 15380; **Lepkość:** ISO VG 46 **HYDROL BIO HETG EL 46** to łatwo biodegradowalny olej hydrauliczny produkowany na bazie specjalnie **wyselekcjonowanego oleju roślinnego** oraz przyjaznych dla środowiska dodatków uszlachetniających, które zapewniają niską toksyczność, minimalizując wpływ na środowisko w przypadku rozlania lub wycieku. Produkt charakteryzuje się wysokim wskaźnikiem lepkości, dobrą odpornością na utlenianie oraz właściwościami deemulgującymi. Zapewnia maksymalną ochronę elementów układu hydraulicznego eliminując ich przedwczesne zużycie. Jest kompatybilny z uszczelnieniami typu HNBR, NBR 1, FKM 2 oraz AU. **HYDROL BIO HETG EL 46** posiada bardzo dobre właściwości reologiczne w czasie eksploatacji.
OLEJE DO PIŁ	PILAROL EKO	**Lepkość:** ISO VG 68 Wielosezonowy, ekologiczny olej o doskonałych własnościach użytkowych przeznaczony do smarowania pił łańcuchowych, którego bazę stanowi rafinowany olej roślinny oraz specjalna kombinacja dodatków uszlachetniających. Zastosowanie oleju roślinnego jako bazy powoduje, że **PILAROL EKO** można zakwalifikować do grupy olejów bardzo dobrze biodegradowalnych – **w teście OECD 301 F przeprowadzonym w Zakładzie Analitycznym ICSO "Blachownia" uzyskał wynik 81,6% biodegradowalności.** **PILAROL EKO** to wysokiej jakości olej przeznaczony do smarowania układu tnącego (łańcuch) i prowadnic pił mechanicznych stosowanych w gospodarce leśnej, sadownictwie, itp. Może być również stosowany do smarowania innych maszyn wykorzystywanych przy wyrębie lasów.
KONKRETON	KONKRETON V-BIO	**Konkreton V-BIO** to nisko lepki biodegradowalny olej antyadhezyjny. Zawiera substancję czynną w celu zapewnienia łatwego oddzielenia materiału od formy. Produkt nie powoduje przebarwień na powierzchni betonu a uwalniane wyroby cechuje niska porowatość i wysoka gładkość. **Konkreton V-BIO** nie wydziela przykrych zapachów. **Poziom biodegradowalności oleju powyżej 98%.** **Konkreton V-BIO** przeznaczony jest do łatwego oddzielania strumienia betonu od formy. Produkt może być używany do form wykonanych ze stali, aluminium, tworzyw sztucznych i form drewnianych wykorzystywanych w produkcji prefabrykatów betonowych oraz innych elementów betonowych. Zabezpiecza również krótkoterminowo formy stalowe przed korozją. Jeden litr oleju wystarcza na 70-80m² powierzchni przy stosowaniu rozpylaczy ciśnieniowych ręcznych i automatycznych. **Konkreton V-BIO** może być również nanoszony ręcznie za pomocą wałków."

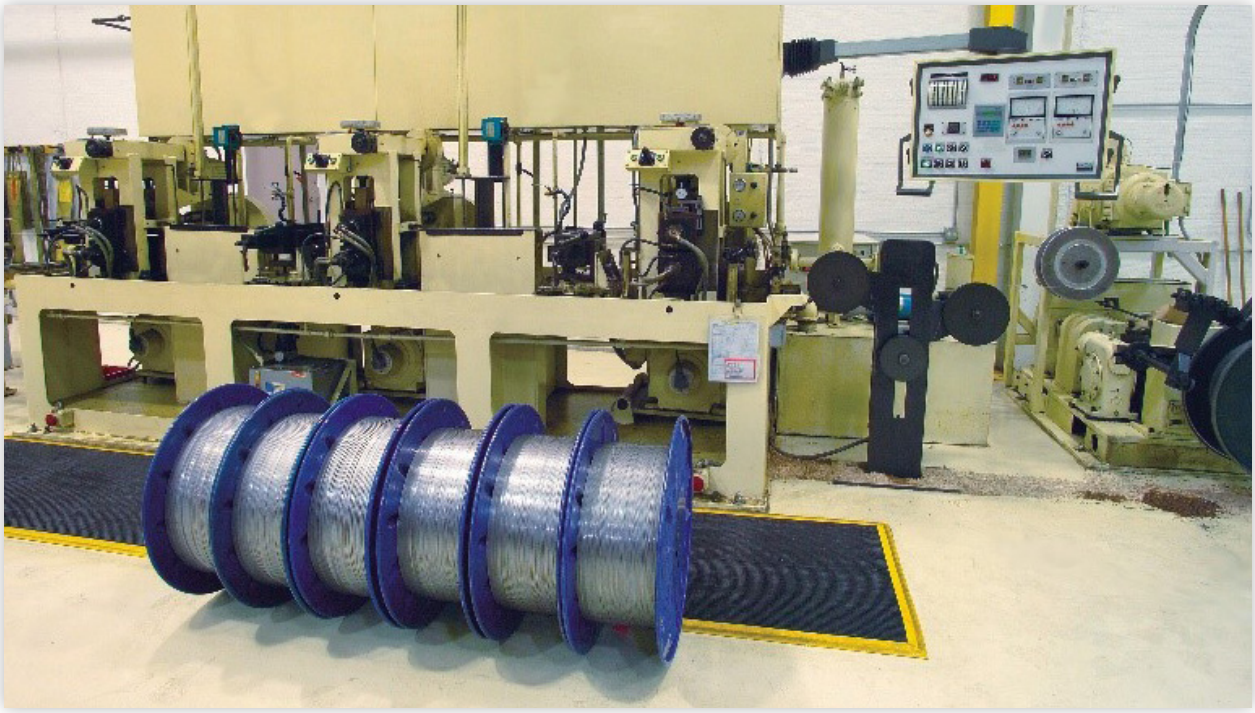
Oleje biodegradowalne Orlen Oil

Przewaga procesu nawijania krawędziowego nad wykrawaniem

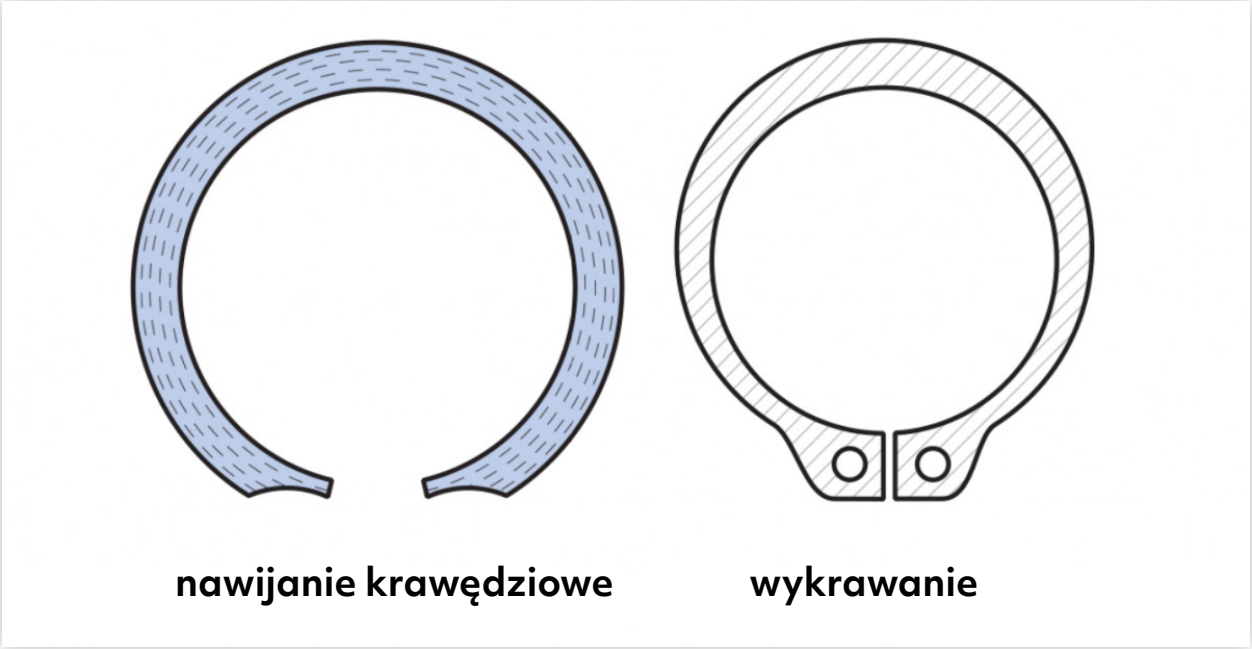
Nawijanie krawędziowe to precyzyjny, a zarazem elastyczny proces technologiczny, wykorzystywany przez inżynierów firmy Smalley do produkcji pierścieni ustalających i sprężyn falistych spełniających wymagania stawiane przez najbardziej wymagających użytkowników.

Na czym polega proces nawijania krawędziowego?

Nawijanie krawędziowe to precyzyjny proces kształtowania wyrobu, polegający na nawijaniu zwojów płaskiego drutu wzdłuż jego krawędzi wewnętrznej, który jest wykorzystywany do produkcji pierścieni ustalających i sprężyn falistych. Od ponad 50 lat nawijanie krawędziowe stanowi podstawowy proces technologiczny w zakładach firmy Smalley.



Walcownia – tu przygotowywany jest drut wykorzystywany w procesie nawijania krawędziowego



Porównanie struktury metalurgicznej. Nawijanie krawędziowe generuje okrężną mikrostrukturę metalu

Zanim rozpocznie się właściwy proces nawijania krawędziowego, na etapie przygotowania produkcji, standardowy okrągły drut trafia do maszyny walcującej, gdzie uzyskuje się drut płaski. Zakłady Smalley posiadają własne maszyny walcujące, co pozwala na kontrolowanie każdego etapu produkcji w celu zapewniania najwyższej jakości wyrobów. W samym 2018 roku w walcowni Smalley przetworzono ponad 900 ton materiałów.

Na czym polega przewaga nawijania krawędziowego w produkcji pierścieni i sprężyn nad konwencjonalną metodą z wykorzystaniem wykrawania?

Proces nawijania krawędziowego ma wiele zalet. Są to między innymi:

1. Niezrównana elastyczność konstrukcyjna

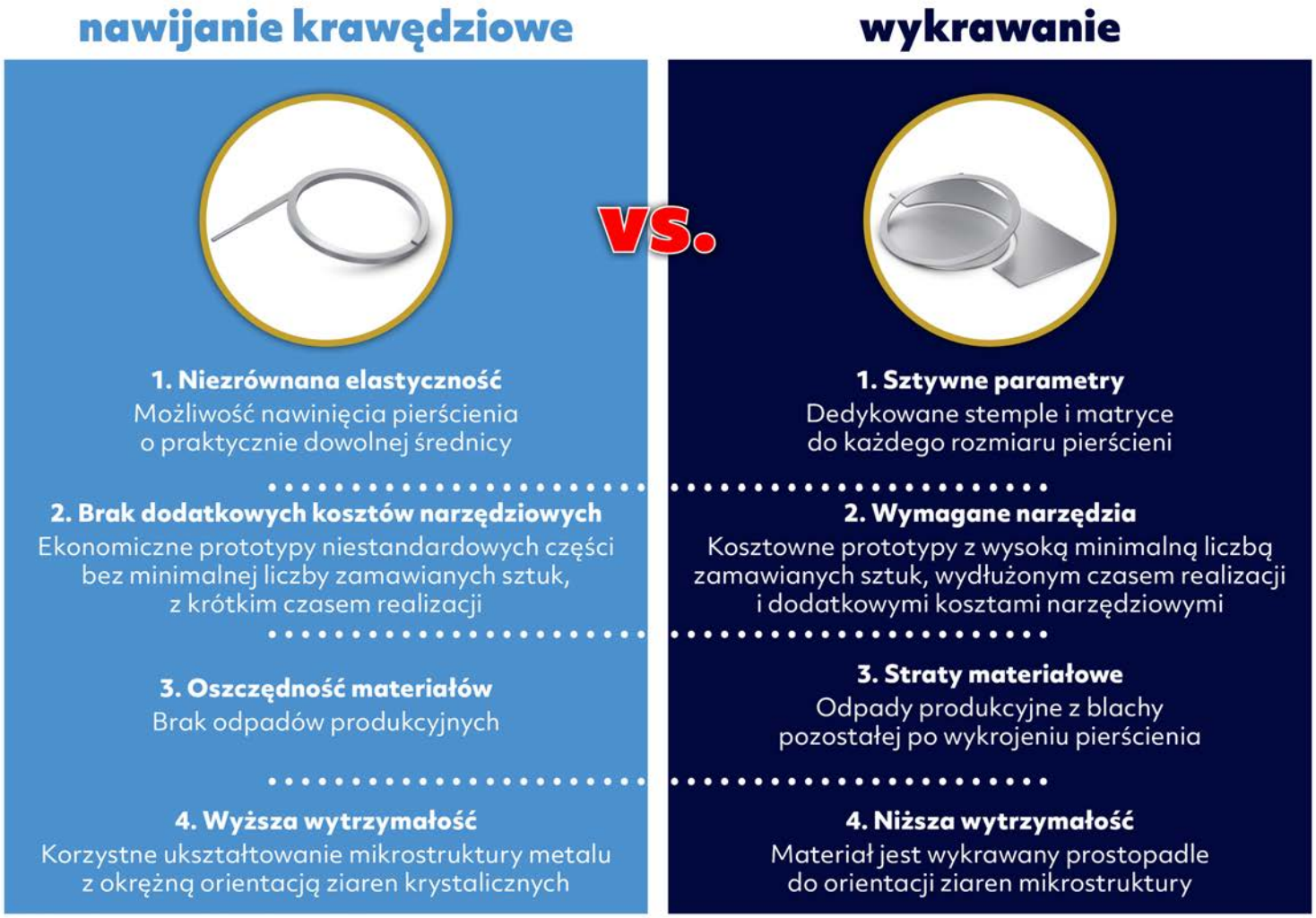
Swoboda doboru parametrów nawijania pozwala na wytwarzanie wyrobów o średnicy od 3 mm do 3 m. W porównaniu do wykrawania, gdzie każdy rozmiar wyrobu wymaga dedykowanego narzędzia, nasz proces zapewnia znacznie większą elastyczność.

2. Brak dodatkowych kosztów oprzyrządowania przy produkcji niestandardowych wyrobów

Najefektywniejszym sposobem weryfikacji działania danej części jest wytworzenie prototypu. Z wykorzystaniem nawijania krawędziowego uzyskanie niedrogich prototypów niestandardowych części jest bardzo proste. Możemy wytwarzać niestandardowe części zmieniając i optymalizując ich parametry na każdym etapie produkcji, bez generowania dodatkowych kosztów oprzyrządowania. Niezależnie od tego czy mają Państwo zapotrzebowanie na jedną sztukę czy tysiąc, zapewniamy krótki czas realizacji i nigdy nie wymagamy minimalnej liczby zamawianych egzemplarzy. Zupełnie inaczej jest w przypadku wyrobów wykrawanych, gdzie występują duże koszty narzędziowe, wysokie progi minimalnej liczby zamówienia i dłuższe okresy realizacji.

3. Brak odpadów produkcyjnych

W naszym procesie technologicznym wykorzystuje się jedynie płaski drut, który jest nawijany, co eliminuje wszelkie straty materiałowe podczas produkcji. Jest to bardzo korzystne ekonomicznie dla naszych klientów i przyjazne dla środowiska. Tymczasem kiedy wytwarza się konwencjonalne pierścienie ustalające lub zatrzaskowe, są one wykrawane z arkusza blachy, co skutkuje powstaniem strat materiałowych



w postaci skrawków blachy wewnątrz i na zewnątrz pierścienia. W przypadku wykrawanych wyrobów o dużej średnicy i/lub wykonanych z rzadkich stopów metali, takie koszty znacznie rosną.

4. Większa wytrzymałość

Proces nawijania krawędziowego przekłada się korzystnie na charakterystykę metalurgiczną i wytrzymałość materiału. W jego wyniku ziarna mikrokrystaliczne metalu ulegają wydłużeniu, następuje zagęszczenie ich dyslokacji i blokują się one wzajemnie. Jako że ziarna układają się zgodnie z kierunkiem nawiniętego drutu, zapewnione są lepsze właściwości sprężyste niż w przypadku blach prasowanych i wykrawanych, w których ziarna układają się w jednym kierunku.

PODSUMOWANIE

Wykorzystywany w firmie Smalley proces technologiczny nawijania krawędziowego jest na tyle elastyczny, że umożliwia produkcję pierścieni i sprężyn o praktycznie dowolnej konstrukcji, bez generowania dodatkowych kosztów oprzyrządowania, co sprawia, że również wytwarzanie niestandardowych wyrobów nie stanowi problemu. Nasi inżynierowie dokładnie projektują, testują i modyfikują prototypowe części o wysokiej jakości, niskich kosztach i szybkim czasie realizacji, tak aby jak najlepiej spełnić stawiane przez Państwa wymagania.

□

Wodór i amoniak – paliwa przyszłości

W obliczu odejścia od paliw kopalnych, wymuszonego decyzjami administracyjnymi biurokratów, motywowanymi rzekomą troską o środowisko naturalne, wiele sektorów gospodarki i przemysłu musi rozejrzeć się za nowymi paliwami. Tak jest między innymi w przypadku transportu lotniczego i oceanicznego, gdzie trudno o pełną elektryfikację. Popularnym wyborem jest przede wszystkim wodór, ale ostatnio coraz więcej uwagi poświęca się także amoniakowi.

Jacek Zbierski

Ogłoszony paliwem przyszłości wodór obiecuje wiele korzyści, ale w rzeczywistości sprawia równie dużo problemów. Szczególnie problematyczne jest jego magazynowanie i transport, wymagające wysokiego ciśnienia lub ekstremalnie niskich temperatur. Biorąc pod uwagę fakt, że 99% wodoru na rynku stanowi wodór uzyskiwany przy użyciu elektryczności pochodzącej z paliw kopalnych, a przeważnie bezpośrednio z paliw kopalnych [1] w reakcjach, które obok wodoru generują duże ilości tlenków węgla (nawet 10x więcej w stosunku masowym), popularną koncepcję „ekologicznego napędu wodorowego" należy uznać na razie za kolejny propagandowy i marketingowy mit. Wg danych IEA światowa produkcja wodoru rocznie odpowiada za emisję do atmosfery takiej ilości dwutlenku węgla, jaką emitują Wielka Brytania i Indonezja razem wzięte [2].

Nieco inaczej wygląda to w przypadku amoniaku, który jest jedną z najbardziej popularnych i produkowanych w największych ilościach substancji chemicznych. Przemysł chemiczny, produkujący amoniak między innymi na potrzeby rolnictwa (nawozy), dysponuje odpowiednią infrastrukturą na potrzeby jego transportowania i przechowywania. Jednak podobnie jak w przypadku wodoru, dotychczasowa produkcja amoniaku metodą Habera i Boscha, czerpiąca azot z powietrza a wodór z gazu ziemnego/ropy naftowej, obarczona jest poważnym mankamentem – generuje dwukrotnie więcej dwutlenku węgla niż samego amoniaku [3].

Transformacja w energetyce jest wymuszona poprzez wprowadzenie tzw. uprawnień do emisji CO_2. Równie duża transformacja może czekać przemysł chemiczny, chociażby właśnie w zakresie produkcji wodoru i amoniaku, opartej dotąd na przetwarzaniu kopalin. Nowe, ekologiczne metody produkcji obu substancji są ze sobą ściśle związane. „Zielony" wodór otrzymywany jest tu prosto z wody w ramach reakcji elektrolizy, a „zielony" amoniak w uproszczeniu powstaje z wykorzystaniem „zielonego" wodoru i azotu z powietrza. Aby taką produkcję chemiczną można było uznać za ekologiczną, musi ona zachodzić przy użyciu energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych, czy też z elektrowni jądrowej. Eksperci z branży są świadomi faktu, że koszty takich „zielonych" paliw nie są konkurencyjne w stosunku do wodoru i amoniaku pochodzących z kopalin, ani tym bardziej względem ropy czy gazu. Dopiero odpowiednia spekulacja kosztami uprawnień do emisji dwutlenku węgla może zapewnić konkurencyjność ekologicznych rozwiązań [1].

SPALANIE CZY OGNIWA PALIWOWE

Doskonałe własności palne wodoru i jego bardzo wysoka gęstość energii w jednostce masy (143 MJ/kg – dla porównania: benzyna – 46 MJ/kg) sprawiają, że już wielokrotnie był on wybierany jako paliwo w silnikach o spalaniu wewnętrznym. Ciekły wodór sprawdza się jako paliwo w kriogenicznych silnikach rakietowych. Gazowy wodór może być wykorzystywany w silnikach tłokowych. Jednak niska gęstość energii w jednostce objętości (10 MJ/dm^3 w stanie ciekłym, 0,01 MJ/dm^3 w stanie gazowym) powoduje, że preferowaną metodą magazynowania wodoru są zbiorniki kriogeniczne.

Z kolei amoniak, z powodu niskiej prędkości płomienia, samodzielnie nie stanowi pełnowartościowego paliwa dla typowego silnika tłokowego. Rozwiązaniem może być w tej sytuacji nawet czterokrotne zwiększenie stopnia sprężenia lub domieszka wodoru. W tym drugim wariancie instalacja paliwowa rozszerzona jest wówczas o reaktor generujący wodór z części amoniaku. Spalanie amoniaku przebiega bez emisji CO_2, ale problematyczna może okazać się emisja tlenków azotu, wymagająca montażu specjalnej instalacji przechwytującej NO_x. Amoniak cechuje się wyższą gęstością energetyczną w jednostce objętości niż wodór (11,5 MJ/dm^3 w temperaturze pokojowej przy ciśnieniu 1 bar). Przechowywany standardowo w temperaturze otoczenia pod ciśnieniem rzędu 8 bar stanowi ekonomiczną alternatywę dla kosztownych instalacji na ciekły wodór zarówno jako osobne paliwo, jak i po prostu jako nośnik wodoru (w dm^3 amoniaku jest więcej wodoru niż w dm^3 wodoru). Na takich założeniach opiera się australijski konglomerat przemysłowy Fortescue, który ostatnio przystosował swoje lokomotywy, wykorzystywane w transporcie kolejowym rud żelaza wydobywanych przez Fortescue Metal Group, do spalania mieszanki konwencjonalnego paliwa i amoniaku, który produkowany jest w zakładach Fortescue Future Industries. Obecnie w FFI Green Fleet Team trwają prace nad konwersją statku zaopatrzeniowego MMA Leveque na zasilanie amoniakiem. Na potrzeby transformacji paliwowej FFI buduje nowy zakład produkcji „zielonego” wodoru w procesie elektrolizy. Wodór ma posłużyć m.in. do otrzymywania „zielonego” amoniaku.

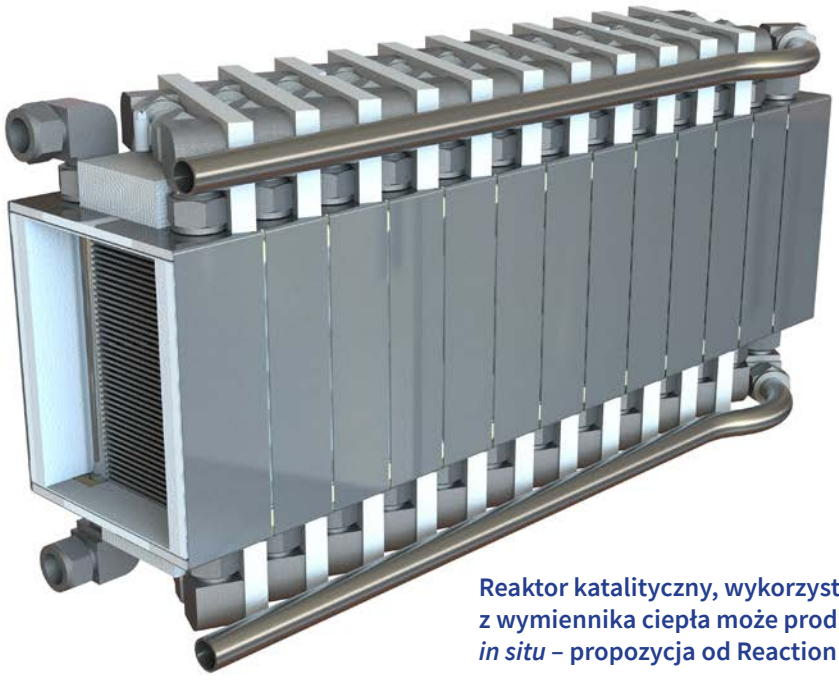
Układ napędowy MMA Leveque zostanie przezbrojony na zasilanie amoniakiem

Z amoniaku jako nośnika wodoru można uzyskiwać wodór *in situ* w reaktorze katalitycznym, eliminując potrzebę magazynowania wodoru. Koncepcję tego typu urządzenia na potrzeby lotnictwa zaproponowało konsorcjum złożone z firmy Reaction Engines, znanej z prac nad silnikiem rakietowym SABRE (*Synergetic Air-Breathing Rocket Engine*) i brytyjskiej STFC (*Science and Technology Facilities Council*). Projekt zakłada połączenie wymiennika ciepła, odzyskującego ciepło z silnika odrzutowego, z reaktorem katalitycznym, w którym zachodzi termiczny rozkład części amoniaku na wodór. Uzyskana mieszanina wodoru i amoniaku ma stanowić pełnowartościowy ekwiwalent paliwa lotniczego. Nie jest jasne jak rozwiązana ma być kwestia emisji NO_x powstających w procesie spalania amoniaku.

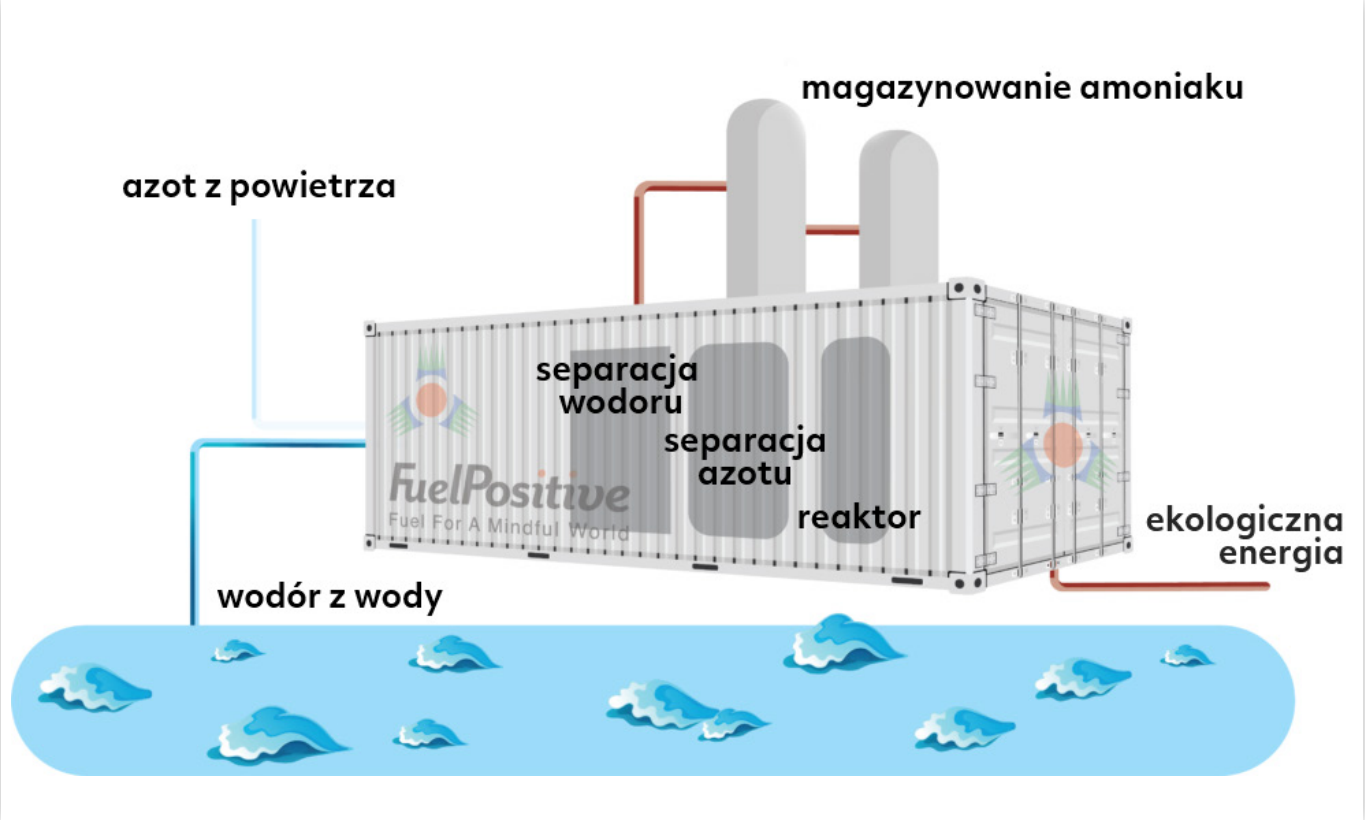
W transporcie lądowym wodór przechowywany w stanie ciekłym lub otrzymywany z amoniaku najczęściej służy jako paliwo dla ogniw paliwowych, generujących energię elektryczną. W przypadku samochodów wyposażonych w takie ogniwa, główną zaletą w porównaniu do typowych aut elektrycznych jest szybkość, z jaką uzupełnia się wodór w zbiorniku. Tankowanie wodoru trwa mniej więcej tyle samo czasu, co napełnienie zbiornika benzyną na stacji paliw. Problemem jest brak odpowiedniej infrastruktury dystrybucji wodoru, a także jak na razie praktyczny brak potencjału produkcyjnego „zielonego" wodoru, w skali wymaganej do obsługi krajowej sieci detalicznej. Podobne ogniwa wykorzystujące amoniak pomogłyby ominąć tego typu problemy – transport amoniaku nie sprawia podobnych trudności.

ALTERNATYWNE KONCEPCJE

A gdyby tak generować wodór czy amoniak lokalnie? Kanadyjska firma FuelPositive opracowała zintegrowany system, który wykorzystując energię elektryczną, np. z turbiny wiatrowej czy paneli fotowoltaicznych, w module elektrolizera uzyskuje wodór z wody, a w drugim module – azot z powietrza. Kolejny moduł stanowi reaktor wytwarzający amoniak w ilościach rzędu 300 kg (lub 500 l) na dobę. Całość mieści się w kontenerze standardowej wielkości. Zasoby amoniaku tej wielkości, czyli ok. 100 ton w skali roku mogą zapewnić autonomię energetyczną i paliwową. FuelPositive swoją ofertę kieruje jednak głównie do sektora rolniczego, będącego głównym (ponad 80%) odbiorcą 200 mln ton światowej produkcji amoniaku (wykorzystywanego do produkcji nawozów sztucznych).



Reaktor katalityczny, wykorzystując energię z wymiennika ciepła może produkować paliwo *in situ* – propozycja od Reaction Engines



W pełni ekologiczny reaktor do syntezy amoniaku, rozwijany przez kanadyjską firmę FuelPositive

Z kolei inżynierowie z Fraunhofer IAP (*Institut für Angewandte Polymerforschung*) w ramach konsorcjum z partnerem przemysłowym pracują nad projektem systemu generowania wodoru na potrzeby indywidualnych gospodarstw domowych. W skład systemu ma wchodzić specjalnie zaprojektowana kompaktowa turbina wiatrowa, przystosowana do pracy w warunkach niskich prędkości wiatru. Generowana przez nią elektryczność ma trafiać następnie do prostego elektrolizera, generującego wodór *in situ*, który magazynowany byłby w kompozytowym zbiorniku nowej konstrukcji. Zbudowany z kompozytu wzmocnionego włóknami węglowymi zbiornik ma być wyposażony w zintegrowane czujniki, wkomponowane w strukturę materiału. Otrzymywany lokalnie wodór byłby więc bezpiecznie przechowywany, a następnie wykorzystywany w domowym ogniwie paliwowym.

Czy więc odpowiedzią na trudności z magazynowaniem wodoru i bezpiecznym dla środowiska spalaniem amoniaku spowodują decentralizację rynku energetyki i paliw? Czy niewielkie elektrolizery i reaktory katalityczne zapewnią autonomię energetyczną gospodarstwom domowym? To wspaniała perspektywa, ale korporacje i biurokraci mogą mieć inne plany.

Jacek Zbierski

Bibliografia:

[1] D. Gielen, E. Taibi, Hydrogen's future: reducing costs, finding markets, EnergyPost, December 2019; dostęp: https://energypost.eu/hydrogens-future-reducing-costs-finding-markets/

[2] The Future of Hydrogen, International Energy Agency, Paris, 2019; dostęp: https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen

[3] A. Ubowska, Redukcja emisji gazów cieplarnianych ze statków – amoniak jako paliwo przyszłości, Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, nr 108, grudzień 2018, s. 143-152

fmgl.com.au

fraunhofer.de

fuelpositive.com

reactionengines.co.uk

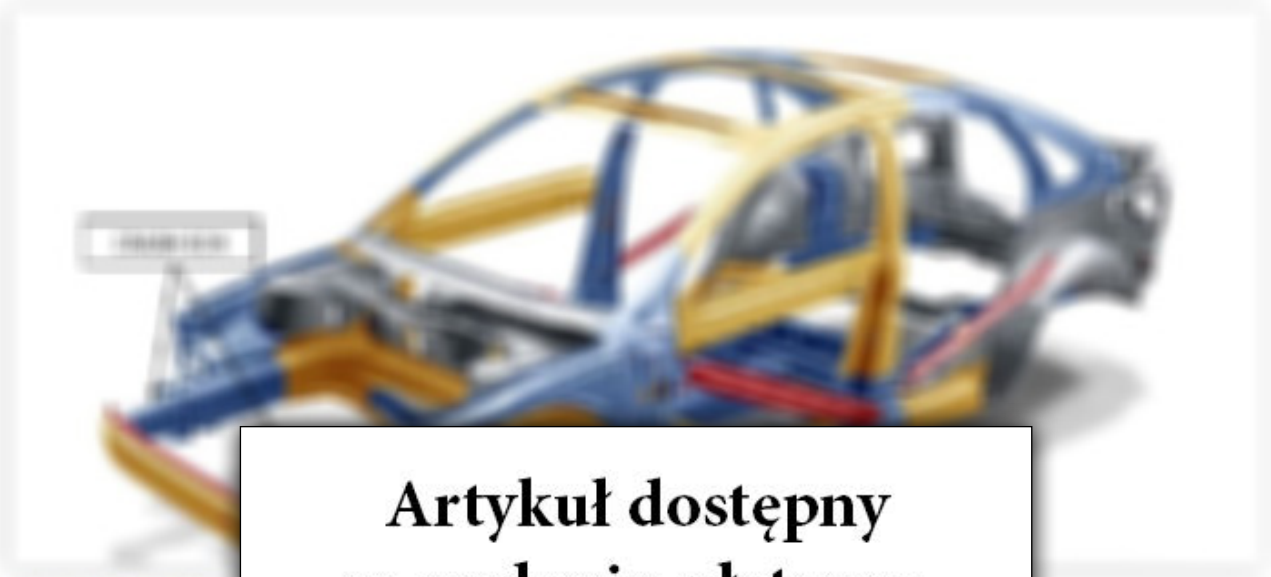
Wytwarzanie dynamicznie obciążanych elementów strukturalnych karoserii samochodu w technologiach przyrostowych

Technologia laserowego wytwarzania przyrostowego metali (LAM), znana także jako technologia Direct Metal Laser Sintering (DMLS), Selective Laser Melting (SLM) lub LaserCUSING, pozwala na wytwarzanie części o funkcjonalnych własnościach i dużej złożoności geometrycznej. Projekt AM-Crash prowadzony przez międzynarodowe konsorcjum, w którego skład po stronie polskiej wchodzi Politechnika Wrocławska i firma Wadim Plast, rozwija tę technologię dla sektora motoryzacyjnego, skupiając się w szczególności na dynamicznie obciążanych elementach karoserii samochodu. W ramach projektu opracowana zostanie adaptacyjna koncepcja produkcji części 3D do różnych zastosowań w konstrukcjach karoserii samochodowych Body-in-White (BIW) (Rys. 1) z uwzględnieniem wymogów co do ich wytrzymałości i plastyczności.

Marcin Kasprowicz

Głównym celem projektu jest wykorzystanie części wytworzonych przy użyciu LAM podczas opracowywania prototypów do testów zderzeniowych. Wymaga to pełnego zrozumienia zachowania materiału wykorzystywanego w LAM w całym łańcuchu procesu, jak również przy dużych obciążeniach dynamicznych. Celem projektu AM-Crash jest osiągnięcie możliwie takich samych własności mechanicznych komponentów wytworzonych z wykorzystaniem LAM, jak własności standardowych części głęboko tłoczonych. Zastosowanie technologii LAM ma zapewnić znaczne korzyści w zakresie kosztów i czasu realizacji projektu konstrukcji samochodu.

Wartość globalnego rynku prototypowych komponentów LAM jest oceniana przez konsorcjum na od 70 do 250 mln EUR. Można się również spodziewać 80% redukcji czasu realizacji zamówienia, poprzez zastąpienie głęboko tłoczonych części prototypowych ich odpowiednikami wytworzonymi w technologii LAM, ponieważ nie będą już potrzebne narzędzia formujące, których wytworzenie jest czasochłonne. Dodatkowo, najczęściej proces projektowania składa się z kilku iteracji geometrii, dla których konieczna jest modyfikacja lub wykonanie w pełni nowych specjalistycznych narzędzi formujących, co generuje dodatkowe koszty, a także znacznie wydłuża czas etapu projektowego. Do osiągnięcia celu wymagane jest takie samo zachowanie strukturalne komponentów LAM jak tych głęboko tłoczonych z blach, w szczególności w odniesieniu do obciążeń dynamicznych powstałych podczas zderzenia. Aby było to możliwe konieczne jest opracowanie parametrów pozwalających na uzyskanie wysokich własności wytrzymałościowych, a także ich



Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl
prenumerata@iter.com.pl

Integracja xCAD na platformie 3DEXPERIENCE

Zastosowanie systemów wspomagających różne aspekty prac inżynierskich to dzisiaj nic nowego, ale niezależnie od systemu CAD/CAM/CAE, w którym pracujemy konieczne jest także wspomaganie procesów wymiany informacji pomiędzy różnymi uczestnikami rozwoju nowego lub modyfikacji istniejącego produktu. W jaki sposób udostępnić rezultaty swojej pracy tym, którzy nie mają „mojego" systemu CAx? I nie chodzi tylko o to, aby zobaczyć, zmierzyć czy przeanalizować strukturę modelu przestrzennego projektowanego wyrobu, ale także o to, aby jednocześnie mieć dostęp do atrybutów PLM takiego modelu (na przykład wersja, materiał, data ostatniej modyfikacji czy system CAD, w którym ten model został zdefiniowany).

Andrzej Wełyczko

Dla sporej grupy użytkowników systemu CATIA V5 platforma 3DEXPERIENCE jest kolejną wersją CATII, czyli CATIĄ V6. To oczywiście nie jest prawdą, bo na platformie 3DEXPERIENCE dostępne są aplikacje wszystkich systemów Dassault Systemes (CATIA, SIMULIA, DELMIA, itd.) i ponadto użytkownicy platformy mają do dyspozycji pakiet aplikacji wspomagających nie tylko współpracę czy wizualizację (Rys. 1), ale także podgląd listy atrybutów wybranego obiektu, możliwość modyfikacji tych atrybutów oraz komplet funkcji z zakresu PLM.

Przez lata przyzwyczailiśmy się to tego, że definiowanie i modyfikacja struktury nowego lub istniejącego wyrobu jest realizowane w całości w wybranym środowisku CAD/PLM. Tymczasem na platformie 3DEXPERIENCE koncepcja struktury, czyli podział na zespoły i podzespoły, których modele 3D są zwykle definiowane w zadanym systemie CAD oraz pozycjonowanie komponentów (pod warunkiem, że ich modele 3D zostały wcześniej zdefiniowane) mogą być zrealizowane w przeglądarce internetowej i to niezależnie od systemu CAD, w którym zdefiniowano lub mają być zdefiniowane odpowiednie modele przestrzenne. Jak to możliwe?

Definiowanie struktury produktu nie jest zadaniem szczególnie skomplikowanym, bo takie zadanie można wykonać na przykład za pomocą MS Excel. W takim przypadku pojawia się jednak pytanie: Jak zintegrować taką definicję ze środowiskiem CAD/PLM?

Integracja różnych systemów CAD w celu zdefiniowania hybrydowej struktury produktu jest wyzwaniem o wiele bardziej poważnym. Na platformie 3DEXPERIENCE takie zadanie jest możliwe dzięki aplikacjom z grupy *Collaborative Designer for xCAD*, gdzie xCAD może być CATIA V5, SOLIDWORKS, NX, Creo, itd. Taka integracja pozwala zapisać modele bezpośrednio z systemu xCAD do bazy danych platformy, w której każdy model (niezależnie od systemu CAD, w którym został zdefiniowany) jest jedną z możliwych reprezentacji obiektu typu

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

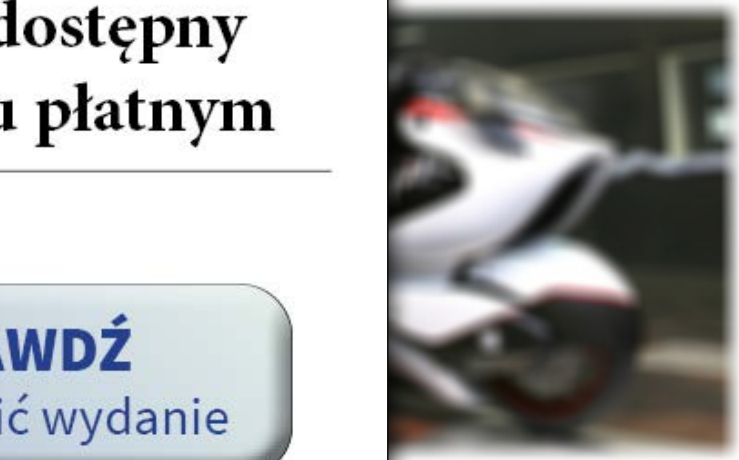
SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

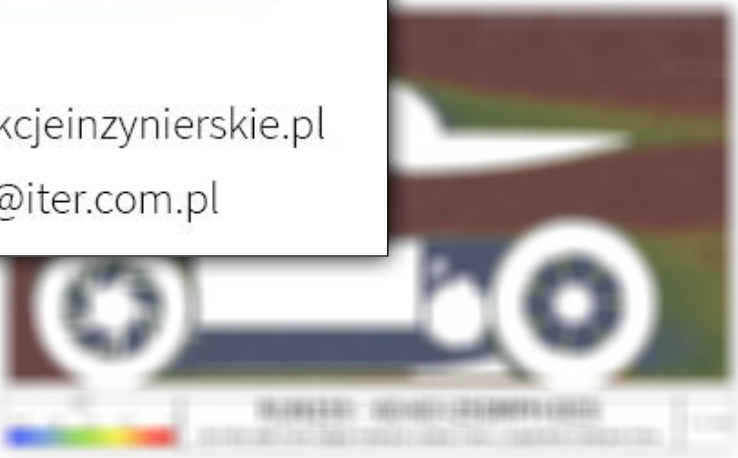
www.konstrukcjeinzynierskie.pl
prenumerata@iter.com.pl

Aerodynamika rodem z F1 na dwóch kółkach, czyli motocykle WMC

Większość konstruktorów motocykli budowanych w celu osiągnięcia rekordowych prędkości, w swoich projektach skupia się na dwóch zagadnieniach, z których jedno to opływowa owiewka, a drugie to oczywiście napęd o większej mocy. Inżynierowie z brytyjskiej firmy WMC (White Motorcycle Concepts) podeszli niestandardowo zarówno do kwestii układu napędowego, jak i aerodynamiki.

Jacek Zbierski





Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl
prenumerata@iter.com.pl

Elektryczne promy

Drakońskie ograniczenia emisji spalin i działania zmierzające do coraz to większego eliminowania surowców kopalnych sprawiają, że w każdej dziedzinie transportu konstruuje się napędy elektryczne lub stosuje się paliwa takie jak wodór czy metanol.

Ryszard Romanowski

Samochody elektryczne powoli stają się codziennością, podobne rozwiązania w lotnictwie w wielu przypadkach przeszły już fazy koncepcyjne. Nieco mniej nagłaśniane są konstrukcje morskie stosujące napędy elektryczne i hybrydowe. Tymczasem w Skandynawii promy napędzane wyłącznie energią elektryczną lub układami hybrydowymi są już w normalnej eksploatacji. Co ciekawe, jednymi z liderów nowych technologii są polskie stocznie Remontowa Shipbuilding i Damen w Koźlu.

Napęd elektryczny jednostek pływających ma typowe zalety i ograniczenia. Wysoka sprawność silników elektrycznych, czystość i brak hałasu to niewątpliwe zalety. Największymi wadami jest wysoki koszt magazynowania energii powodowany m.in. przez stosunkowo niską pojemność akumulatorów. Ponadto duże wymiary i masa zespołów magazynowania prądu, szczególnie w powszechnym systemie ESS (*Electric Storage System*), nastręczają trudności już w fazie projektowania. Wyważenie statku wyposażonego w duży i ciężki system wymaga innego podejścia niż przy tradycyjnych napędach z użyciem silnika wysokoprężnego.

Obniżeniu kosztów nie sprzyja również konieczność budowy kosztownej infrastruktury niezbędnej do ładowania jednostek o napędzie elektrycznym. Również kłopotliwy jest recykling akumulatorów, które muszą być wymieniane gdy ich pojemność spadnie do 80%.

Na razie większym powodzeniem cieszą się jednostki hybrydowe wykorzystujące silnik wysokoprężny do ładowania akumulatorów. Silnik zasilany może być tzw. biodieslem lub gazem ziemnym, co szczególnie popularne jest u wielkiego kanadyjskiego armatora Seaspan. Właśnie zmierza do portu na kanadyjskim wybrzeżu Pacyfiku zmówiony przez tego armatora w tureckiej stoczni Cemre Shipyards hybrydowy prom. Pokonał on trasę z Turcji, przez Atlantyk i Kanał Panamski, w jednej szóstej dystansu korzystając wyłącznie z energii elektrycznej.

W polskiej stoczni Remontowa Shipyard powstają jednostki hybrydowe dla Norwegii. Wyposażone np. w dwa zespoły prądotwórcze oparte na silnikach wysokoprężnych, zasilanych biopaliwem, z dwoma pędnikami azymutalnymi pulling-type, z silnikami elektrycznymi PMe, z których każdy rozwija moc 1200 kW. Zespół akumulatorów chłodzony jest powietrzem. Jest to dosyć typowy układ hybrydowy.

Ciekawą nowością jest zastosowanie silnika spalinowego pracującego na metanolu. Paliwo to jest coraz częściej stosowane, mimo że jego dostępność w wielu krajach jest mocno ograniczona. Być może konstruktorzy liczą, że w przyszłości paliwo to bardziej się upowszechni. Tym bardziej, że kilka miesięcy temu American Chemical Society opublikowało szczegółowy opis technologii produkcji metanolu z dwutlenku

Artykuł dostępny w wydaniu płatnym

SPRAWDŹ
jak zamówić wydanie

www.konstrukcjeinzynierskie.pl
prenumerata@iter.com.pl

Prenumerata

PRENUMERATA ROCZNA

e-wydanie: 1 egzemplarz na 1 komputer (dla wielu użytkowników) lub dla 1 osoby (na wiele urządzeń)

- prenumerata zwykła, krajowa: 105 zł
- dla uczniów i studentów: 84 zł
- prenumerata z licencją do wykorzystania na większej liczbie stanowisk – od 10 do powyżej 200 stanowisk (koszt zależny od liczby stanowisk)

Prenumeratę można rozpocząć od dowolnego miesiąca w roku.
Prenumerata obejmuje 6 kolejnych wydań w wersji elektronicznej.

POJEDYNCZE WYDANIE

Koszt pojedynczego e-wydania: 17,50 zł

WYDANIA ARCHIWALNE

- dostępne pojedyncze wydania i całe roczniki (w wersji elektronicznej, jak i papierowej – oprócz numerów o wyczerpanym nakładzie oraz wybranych wydań z 2020 r.)

Pojedyncze wydania archiwalne z lat 2009-2020 dostępne są w cenie:
17,50 zł – wersja papierowa
12,50 zł – wersja elektroniczna
Przy zamówieniach większej liczby egzemplarzy oferujemy korzystne upusty cenowe.

DANE DO ZAMÓWIENIA

Wpłat prosimy dokonywać na konto wydawcy:
ITER, ul . Marszałkowska 111, 00-102 Warszawa
mBank SA, nr konta: 10 1140 2017 0000 4102 0885 4194

W tytule przelewu prosimy podać szczegóły zamówienia
(np. rodzaj prenumeraty, numer i rok zamawianego wydania).
Prosimy także o podanie dokładnych danych adresowych i adresu email.

Na życzenie wystawiamy faktury VAT (8%).

projektowanie i KONSTRUKCJE inżynierskie

tel. +48 532 493 072,
tel. +48 22 112 86 90,
prenumerata@iter.com.pl